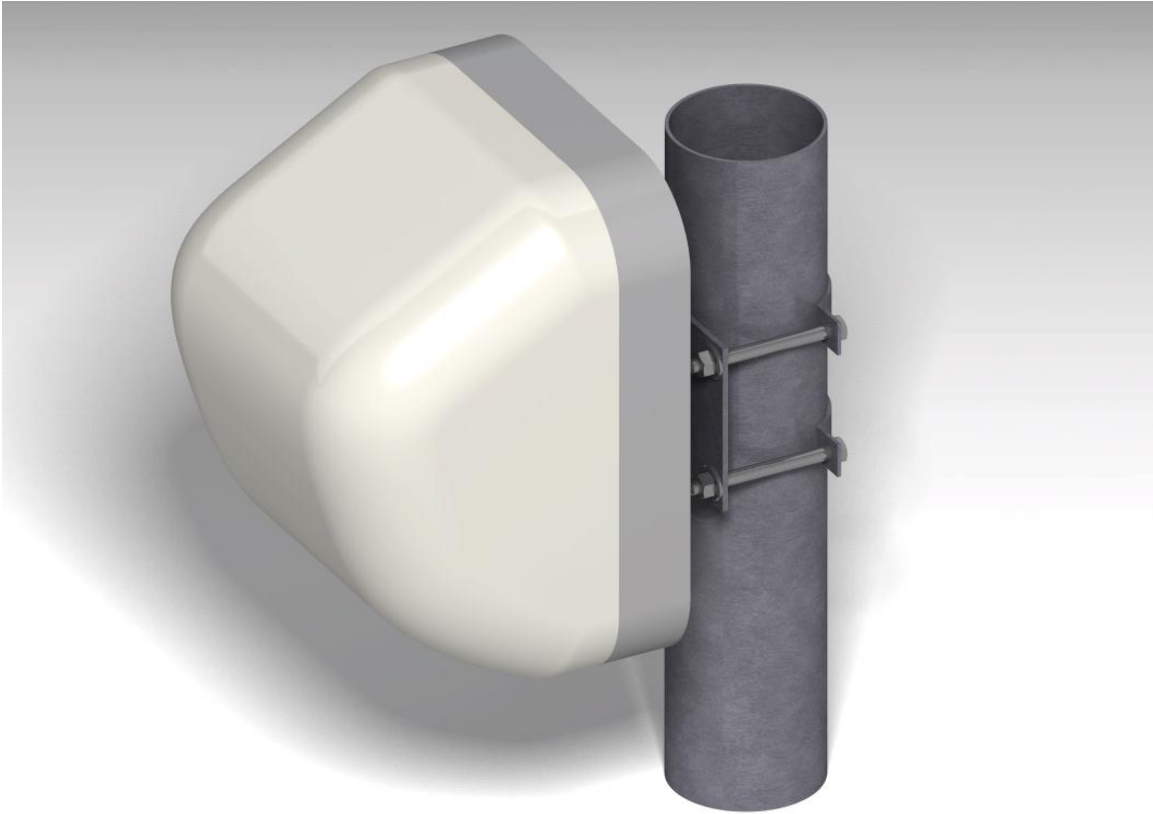




CHALMERS



Utveckling av en övervakningsenhet mot störsändare

- Ett verktyg för att förhindra fordonsstöld

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet i Maskinteknik

Alexander T. Bengtsson

Joel Nilsson

Utveckling av en övervakningsenhet mot störsändare

- Ett verktyg för att förhindra fordonsstöld

Development of a surveillance unit against jammers

- A tool for preventing vehicle theft

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet i Maskinteknik

A. T. Bengtsson
J. Nilsson

Utveckling av en övervakningsenhet mot störsändare
– Ett verktyg för att förhindra fordonsstöld
Alexander T. Bengtsson
Joel Nilsson

© A. T. Bengtsson, J. Nilsson, 2017.

Examinator: Mats Alemyr

Institutionen för Produkt- och produktionsutveckling
Chalmers Tekniska Högskola
SE-412 96 Göteborg
Sverige
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Omslag: Rendering av den slutgiltiga produkten utförd i Catia V5.

Göteborg, Sweden 2017

Förord

Detta projekt är ett examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet i Maskinteknik på Chalmers tekniska högskola, Göteborg. Projektet genomfördes på uppdrag av TorLab AB under våren 2017 och omfattar 15 högskolepoäng.

Tack till

Mats Alemyr för handledning av projektet.

Tor Anderson på TorLab AB för förtroendet.

Sven Ekered för 3D-utskrifterna.

Kjell Melkersson för stöttning i arbetet.

Sammanfattning

Ett alltmer ökande problem är inbrott i fordon utrustade med GSM-larm. Dessa larm slås ut med hjälp av en störsändare och därmed kan inbrott ske utan att ägaren meddelas. Det finns ett flertal möjliga lösningar på detta problem, men där arbetet avsåg utvecklingen av en produkt för övervakning av parkeringsplatser. Övervakningen utförs genom att detektera störsändarens närvaro samt lokalisera denna med en mekaniskt riktbar mottagare. Arbetet utfördes på uppdrag av TorLab AB och omfattar utvecklingen av ett koncept på den produkt som skall skydda mot problemet. Utvecklingsprocessen stöds av diverse metoder såsom specificering av krav och indelning av delsystem. Detta för att slutligen komma fram till ett koncept som utvecklas vidare. Fokus för konceptet ligger vid funktionalitet och utformning av produkten som helhet, där hänsyn inte tas till styrningen av enheten.

Resultatet av arbetet är delvis ett koncept mottagarenheten, det vill säga den del som riktas för att bestämma positionen av signalkällan. Mottagarenheten utgörs utav två stycken vinkelräta mottagare i en hållare, där låsningen utförs med snäppfästen. Konceptet behandlar även enhetens bas, där de ingående komponenterna fästs, samt det skyddande höljet. Till verifieringen framställdes en prototyp på hållaren för mottagarna, som sammankopplar dessa till motorn som driver rotationen. Utan att större vikt läggs på positionsbestämningen genomfördes enklare tester som visade på ett positivt resultat vad det gäller konceptet som helhet. Detta projekt anses därför ge en god grund till fortsatt utveckling.

Abstract

An ever more occurring problem is perpetrators breaking in to vehicles equipped with GSM-alarms. These alarms can be disrupted with a handheld GSM jammer device which results in that the vehicle can be broken in to without the owner getting notified. There are several potential solutions to the problem although this project focused on the development of a surveillance unit for parking lots. The surveillance is carried out by detecting and localizing the jammer with the use of a rotating receiver. This project was carried out on behalf of TorLab AB and revolves around the development of a concept for the product which can protect against the problem. The development process is supported by various methods e.g. specification of requirements and breaking down the concept into sub-elements. The primary focus of the concept is the products functionality and design, where no regards was taken towards the controlling of the unit.

The result of this project is a concept partly for the receiving unit, the part that rotates to determine from where the signal is coming. The receiving unit is composed of two perpendicular radio receivers and a mount. The receivers are locked in place using a snapping mechanism. This concept also takes the base of the unit into account, where all its components are mounted, as well as its protective hull. A prototype was developed for the verification of the mount for the receivers which mechanically connects them to the motor. Without any major regard to the localization of the jammer, simple testing pointed towards a positive result concerning the concept as a whole. This project is therefore considered a good foundation for further development.

Innehållsförteckning

1. Inledning	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Syfte	2
1.3 Avgränsningar.....	2
1.4 Precisering av frågeställning.....	2
2. Teoretisk referensram	3
2.1 GSM/2G för frekvens	3
2.2 Hur störsändare fungerar.....	3
2.3 Mottagare	3
2.4 Servo	4
2.5 IP-klassning.....	5
2.6 Vattenskydd	5
3. Metod	6
3.1 Litteratursökning.....	6
3.2 Definition av funktioner.....	6
3.3 Indelning i delsystem	6
3.4 Funktionell modell.....	7
3.5 Kravspecifikation.....	7
3.6 Konceptgenerering.....	7
3.6.1 Inventera befintliga lösningar	8
3.6.2 Idégenerering	8
3.6.3 Visualisera koncept.....	8
3.7 Val av koncept	8
3.7.1 Kesselrings urvalsmatris	9
3.8 Materialval	9
3.9 Prototypframtagning	10
3.9.1 3D-utskrift.....	10
3.10 Verifiering.....	10
3.10.1 Passform och lösningar	10
3.10.2 Funktionstest: rotation och detektion.....	11
4. Underlag för konceptframtagning.....	12
4.1 Scenario.....	12

4.2 Funktioner	13
4.3 Delsystem.....	14
4.3.1 Plattform	14
4.3.2 Drivenhet.....	14
4.3.3 Mottagarenhet	14
4.3.4 Kåpa	14
4.3.5 Fäste	15
4.4 Ingående komponenter	15
4.4.1 Mottagarenhetens komponenter.....	15
4.4.2 Styrenhet	16
4.4.3 Drivningsenhet.....	16
4.4.4 Strömförsörjning	16
4.5 Funktionell modell.....	16
4.6 Kravspecifikation.....	18
4.7 Inventering av befintliga lösningar	20
5. Konceptgenerering.....	21
5.1 Konceptförslag för plattform och kåpa	21
5.1.1 Koncept 1 ”Hyllan”.....	22
5.1.2 Koncept 2 ”Svept”	23
5.1.3 Koncept 3 ”Trash can”	24
5.1.4 Koncept 4 ”Monitor”	25
5.2 Val av koncept för plattform och kåpa	26
5.2.1 Dimensionsanalys	26
5.2.2 Kesselrings urvalsmatris	27
5.2.3 Vinnande koncept	28
5.3 Utformning av mottagarenhet	29
5.3.1 Orientering av mottagare	29
5.3.2 Koncept på hållaren	30
5.3.3 Valt koncept	32
5.4 Fäste	33
6. Produktbeskrivning.....	35
6.1 Plattform	36
6.2 Kåpa	37

6.3 Fäste	37
6.4 Mottagarenhet	38
6.4.1 Mottagare	38
6.4.2 Antenn.....	39
6.4.3 Hållare.....	40
6.5 Drivenhet.....	41
6.6 Styrenhet	41
7. Material och processval	42
7.1 Kåpa och plattform	42
7.2 Hållare.....	44
8. Verifiering.....	45
8.1 Förberedande.....	45
8.2 Utförande	46
8.3 Modifikationer	46
9. Diskussion.....	48
10. Slutsats	49
10.1 Utvärdering av resultatet.....	49
10.2 Resultatets trovärdighet	49
10.3 Rekommendationer till fortsatt arbete	50
10.4 Erfarenheter.....	50
Referenser	51
Bilaga 1 – Ritning av Plattform	
Bilaga 2 – Ritning av Kåpa	
Bilaga 3 – Ritning av Hållare för mottagare	
Bilaga 4 – Specifik slagseghet	
Bilaga 5 – Specifik brottseghet	
Bilaga 6 – Sprängd vy av koncept	
Bilaga 7 – Bilder från verifieringen	

1. Inledning

Projektet utförs på uppdrag av TorLab AB och syftar till att utveckla en produkt som via mekanisk rotation skall detektera och positionsbestämma störsändare. Arbetet omfattar produktens helhet med fokus på hårdvara.

1.1 Bakgrund

Många fordon är idag utrustade med så kallade GSM-larm (*Global System for Mobile communication*). GSM-larm säljs ofta som ett abonnemang där larmenheten är uppkopplad till en övervakningscentral. Det finns även varianter där dessa larm enbart, via GSM-bandet, sänder meddelande till ägarens mobiltelefon. Då larmet aktiveras sänds information via mobilnät till en larmcentral eller till ägaren av fordonet.

Dessa larm fungerar med samma teknik som används för mobiltelefoni. Detta medför att de således är känsliga för samma typ av störsändare som används för att störa ut mobiltelefoner. Dessa störsändare kan alltså bryta kontakten mellan fordon och larmcentral. Idag finns det ingen produkt på marknaden som skyddar mot denna typ av teknik. Det bör därför finnas ett intresse för en kommersiellt tillgänglig produkt som kan placeras permanent ute på en parkeringsplats.

Det motiv TorLab AB har att hålla i projektet är främst för att utveckla produkter som går att sälja. Utöver det finns det även idealistiska motiv att motverka brottslighet samt ett tekniskt intresse för området. Tor Anderson på TorLab AB har även ett personligt intresse för området och har arbetat med radioteknik i cirka 40 år.

Det finns flera metoder som skulle kunna lösa problemet utan att innehålla en riktbar enhet. Allmänt kan det nämnas att det finns olika, mer avancerade, metoder för positionering men att det finns svårigheter att erbjuda dessa till ett lågt pris. Elektroniska metoder för positionering kräver precision och datorkraft. Dessa blir komplicerade, med flera antennenheter utplacerade och behöver även noggrann tidssynkronisering.

När det talas om produkter som erbjuder detektering eller positionering kan exempel på dessa vara följande:

- Enkel elektronisk enhet som bara detekterar och larmar.
- Enhet som detekterar och anger positionen via en mekanisk rotation.
- Enhet som detekterar och anger positionen utan rörliga delar med särskilda antenner och fasdifferansmätning.

1.2 Syfte

Syftet med arbetet är att utveckla ett koncept för en kommersiellt tillgänglig produkt som skyddar fordon mot GSM-störsändare. Produkten skall detektera och positionsbestämma störsändare och inriktas mot övervakning av parkeringsplatser. Metoden för positionering kommer utgå ifrån en mekanisk rotation av mottagarelementet.

1.3 Avgränsningar

Arbetet avgränsas mot andra metoder för positionsbestämning än den nämnt i syftet, där positioneringen avser signalkällans riktning i ett plan. Det vill säga att endast en rotationsriktning behandlas. I detta arbete ligger dock fokus på konceptet som helhet samt konstruktionen av detta. Ingen analys av värmeaspekter, hållfasthet eller livslängd kommer utföras då detta blir för omfattande. Fokus ligger därmed på produktens allmänna funktion och design.

Arbetet kommer inte omfatta någon detaljerad analys om hur tillverkningen av enheten skall gå till. Ett enklare material- och tillverkningsval kommer dock att utföras tillsammans med ritningar på de koncept som utvecklas.

Radiotekniken kommer endast behandlas för att bygga förståelse. Detta område anses vara det som TorLab AB bland annat får bidra med till den slutgiltiga produkten. Några signaler kommer ej att behandlas mellan de ingående komponenterna utan dessa betraktas som block.

1.4 Precisering av frågeställning

Arbetet avser att besvara följande frågeställningar:

- Hur skall den mekaniskt roterande enheten utformas?
- Går det att använda en RC-servomotor som bas för rotationen?
- Hur skall en attraktiv design skapas med fokus på funktionalitet?
- Verkar det rimligt att detta kan kommersialiseras till lågt pris?

2. Teoretisk referensram

I den teoretiska referensramen presenteras fakta som ger en stabil faktagrund för projektet. Detta kapitel är dessutom till för att bygga upp läsarens förståelse för projektet. Förståelse både för hur störsändare fungerar och aspekter som på något sätt har varit relevant för utvecklingen av produkten.

2.1 GSM/2G för frekvens

GSM står för *Global System for Mobile communication* och benämns ofta som 2G, eller som andra generationens mobiltelefonsystem. I Sverige och Europa är 2G det absolut vanligaste nätet. (Telekomradgivarna, 2017)

I vissa sammanhang benämns GSM som *Groupe Spécial Mobile* vilket är den grupp som utvecklade systemet. GSM täcker det mesta av Sveriges yta men generellt sett börjar de flesta användarna byta över till modernare alternativ. Frekvensen för GSM-bandet beror på operatören men ligger antingen omkring 900MHz eller 1800MHz. (Kjell, 2017)

2.2 Hur störsändare fungerar

Den absolut vanligaste varianten av störsändare för att slå ut mobil kommunikation är de så kallade DOS-störsändarna (denial of service). Dessa störsändare fungerar genom att de sänder ut signaler på samma radiofrekvenser som enheten som skall störas arbetar på. Detta slår ut kommunikation mellan enheten och den basstation som den skall kommunicera med. Störsändaren skickar ut tillräckligt starka signaler på samma frekvens så att signalerna kolliderar och slår ut varandra.

Det är olagligt att inneha och använda störsändare utan licens dock existerar dessa ändå på marknaden. En störsändare är dessutom ingen komplicerad enhet och går med rätt kunskaper bygga själv. De ingående kretsarna är: en spänningsstyrd svängningsformare (VCO), elektromagnetisk svängningskrets (LC circuit), en krets skapar en fluktuerande elektrisk signal (noise generator) och en förstärkare (RF power amplifier). (Wollenhaupt, 2005)

2.3 Mottagare

Traditionella hårdvarubaserade radiomottagare har komponenter såsom *modulators*, *demodulators* och *tuners*. Modern datorteknik möjliggör att dessa komponenter istället ersätts av mjukvara vilket leder till begreppet “software defined radio”.

RTL-SDR (Realtek-based Software Defined Radio) är en mjukvarubaserad radiomottagare, vilken är betydligt mer kostnadseffektiv än traditionella hårdvarubaserade och tillåter enkel signalhantering. Frekvensomfånget hos RTL-SDR är mycket stort men beror på vilken “tuner” som används.

Typiska användningsområden för RTL-SDR kan vara: Avlyssning av GSM-signaler, mottagning av GPS-signaler, triangulering av en signals källa, samt mycket mer. Detta är alltså en oerhört mångsidig mottagare som används inom ett brett spektrum av tillämpningar. (rtl-sdr.com, 2017)

2.4 Servo

En servomotor är en enhet som använder sig av återkopplade signaler för felavkänning. Detta för att kontrollera och avgöra positionen av den utgående axeln. Vilket är en funktion som är av stort värde i projektet då den möjliggör positionsbestämning av den upptäckta störsändaren.

Det finns ett stort antal olika servomotorer men den typ som är intressant för detta projekt är de relativt kostnadseffektiva, massproducerade servomotorerna som arbetar med likström. Dessa är allmänt kända som hobby servo eller RC-servo då de ofta används inom de områdena. Hädanefter är det dessa begreppet "servomotor" refererar till.

De ingående komponenterna i dessa servomotorer är följande:

- En utgående axel som externa komponenter kan kopplas till.
- En likströmsmotor.
- En drevuppsättning som ger utväxling. Denna utväxling används för att öka momentet på utgående axel. Valet av material i dreven är direkt kopplat till servots livslängd.
- En styrkrets, vars uppgift är att ställa motorn i börvärdet.
- En potentiometer som ger information om motorns orientering.
- Kablar för strömförsörjning, jord och kontroll.

Som nämnt ovan är materialet i drevuppsättningen kopplat till servomotorns livslängd. Det finns tre vanliga materialgrupper som används:

- Polymera material där nylon är det absolut vanligaste materialet. Detta är det absolut billigaste alternativet och ger god slitstyrka relativt sin kostnad.
- Metaller, vilka generellt sett är mycket starka, har nackdelen att de är svaga för slitage. Vilken metall som används är givetvis avgörande när det kommer till prestanda. Det finns servomotorer där drevuppsättningen är i titan och dessa har både god hållfasthet och slitstyrka.
- Kompositer, mer specifikt karbonit. Karbonit är både mer hållfast än nylon men också mer slitstarkt än metall. En av fördelarna är också att dreven blir relativt tystgående.

Rent mekaniskt är det normala vinkelspannet för en servomotor 0-180°. Servomotorer är generellt sett inte kapabla att rotera längre ifall de inte är modifierade. Detta beror på ett inbyggt mekaniskt stopp på utgående axel. (ServoCity, 2016)

2.5 IP-klassning

IP-klassning är den standardiserade term som används för att beskriva hur väl en produkt eller enhet skyddar elektriska komponenter i krävande miljöer. Detta omfattar aspekter såsom vatten, damm och korrosiva ämnen. IP-klassningen bestäms av två nummer enligt IP XX, där den första siffran bestämmer “grad av skydd mot beröring och inträngande föremål”. Den andra siffran bestämmer “grad av skydd mot inträngande vatten”. För de båda siffrorna finns en skala, rankad 0 till 6 för damm/inträngande objekt och dylikt, 0 till 8 för vattenskydd, varje steg med specifika kriterier för vad som skall tålas. (SP Sveriges tekniska forskningsinstitut, 2017)

2.6 Vattenskydd

En av de vanligaste metoderna för att skydda mot vatten och andra vätskor är att använda tätningar, ett maskinelement vars funktion är att stoppa läckage. Det finns tätningar för en rad olika användningsområden och tillämpningsfall. Mest relevant i detta projekt kommer att vara statiska tätningar. Bland de statiska tätningarna finns planpackningar, o-ringar, tätningsmedel, m.m. Vanligt i mekanisk konstruktion är elastomertätningar, det vill säga tätningar gjorda av mjuka elastomerer. De är mjuka för att tillåta deformation vid montering för att erhålla tryck mot komponenten som tätningen sträcks över. Ett exempel på en sådan tätning är en o-ring, som exempelvis kan byggas in i ett spår på axlar och andra cirkulära tvärsnitt. (Mägi, Melkersson, 2016)

Även i det fallet då någon form av tätning används kommer det fortfarande finnas luft inuti enheten. Då den utvändiga temperaturen sjunker bildas kondens på dess insida. Det finns då speciella ventiler som är anpassade för att låta kondensation flöda ut ur det stängda utrymmet. På samma gång stängs fukt och andra partiklar ute. Ventilen tillåter också att luft och andra gaser kan flöda fritt mellan insida och omgivande miljö, vilket resulterar i att ingen tryckdifferens fås. Därmed undviker metoden att sätta stress på tätningen, vilket resulterar i att den håller längre. (GORE TM, 2017)

3. Metod

I metod beskrivs de steg som har utförts för att genomföra projektet. Med varje steg beskrivs även syftet med steget och varför metoden tillämpas.

3.1 Litteratursökning

I tidigt skede av projektet är det viktigt att samla in så mycket information om problemet som möjligt. Insamlingen av information ansågs vara viktig främst för att bygga förståelse kring relevanta områden för produkten. Litteratursökningen utfördes till största del med information hämtad från böcker och källor på internet. Till hands fanns även Tor Anderson på TorLab AB som har många års erfarenhet inom ämnet och kunde därigenom bistå med hjälp och information.

3.2 Definition av funktioner

För att klargöra vad produktens syfte är och vad den skall kunna utföra definierades ett antal funktioner. Funktionerna kan bland annat betraktas som kriterier eftersom lösningen begränsas utifrån funktionen som skall utföras.

Funktionerna delades in i olika typer enligt:

- **Huvudfunktioner** – De funktioner som utför produktens primära uppgift.
- **Stödfunktioner** - De funktioner vars syfte är att underlätta användandet av produkten. Funktioner som inte är nödvändiga för produkten men som höjer dess kundvärde.
- **Delfunktioner** – Dessa utgör olika delar av huvudfunktionen och i kombination med de andra delfunktionerna tillåter de att huvudfunktionen kan utföras.
- **Oönskade funktioner** - En funktion som oönskat följer med, antingen från användningen av produkten eller från produkten självt. Dessa är viktiga att definiera för att hitta lösningar för att undvika dem.

(Johannesson, Persson, Pettersson, 2013)

3.3 Indelning i delsystem

Syftet med att dela in enheten i delsystem var för att enkelt kunna betrakta de enskilda delarna separat. Varje delsystem med sina egna problem som kunde studeras enskilt. Något som avsevärt underlättade arbetet med att utveckla koncept.

De olika delsystemen skapades främst genom diskussion om vilka delar den slutgiltiga produkten kunde tänkas innehålla. Ett annat tillvägagångssätt var att försöka hitta delsystem som på ett eller annat sätt kan utföra en delfunktion. Dessa delsystem som definieras återfinns nödvändigtvis inte i den slutgiltiga produkten. Vissa lösningar behöver möjligtvis inte alla delsystem och kan tillåta att två eller flera delsystem integreras i ett.

3.4 Funktionell modell

För att koppla samman de viktigaste funktionerna hos produkten med processen att *detektera och positionsbestämma störsändare*, användes en funktionell modell. I modellen beskrivs de ingående delarna i processen och hur de interagerar för att utföra uppgiften. Detta illustrerades likt ett flödesschema.

Modellen utformades med ett flertal block för att representera de olika delarna och komponenterna, vilka finns inuti enheten. Med pilar och text kopplas dessa samman för att beskriva hur de interagerar med varandra. Vissa element avgränsas från utomstående delar i processen, som antingen befinner sig utanför enheten eller som inte är en del av den. Detta sker hjälp av en systemgräns.

Metoden tillämpades främst att bygga förståelse för hur produkten skall agera i det scenario som den är ämnad för. Den var också användbar för att se om något i processen saknades i form av delsystem eller steg i processen.

3.5 Kravspecifikation

Syftet med en kravspecifikation är att ge tydliga mått på vad produkten skall klara av. Här listades alla krav som påverkade antingen produktens funktion eller design. Det första steget i skapandet av kravspecifikationen var att lista de krav som ställdes direkt av Tor. Dessa krav behandlar främst de komponenter som enheten innehåller. Som komplement till de ställda kraven formuleras krav på produkten som inte är uttalade. Krav som möjligtvis anses vara uppenbara för kravställaren. Då alla krav hade listats tilldelades de målvärden utefter vad produkten skall klara av. Utöver de ställda kraven finns också ett antal önskemål på enheten. Dessa viktades efter hur relevanta de var för kravställaren.

Vidare var kravspecifikation som framtogs i detta skede inte den slutgiltiga för produkten. Vissa krav definierades även under arbetets gång då djupare förståelse för produkten och dess helhet hade uppnåtts.

3.6 Konceptgenerering

För ett produktutvecklingsprojekt är konceptgenerering en stor del. Det var i detta skede som arbetet tog form och lösningar till problemområden och delsystem beskrevs, antingen i modeller, skisser eller text. Arbetet med att generera koncept grundades i de krav som ställts på produkten och hur de tillmötesgicks i lösningarna. I början av konceptgenereringen söktes lösningar på det övergripande, där fokus låg på enhetens layout och design. Därefter inleddes vidareutveckling på detaljnivå.

3.6.1 Inventera befintliga lösningar

En metod för att hitta idéer till lösningar och koncept var att studera befintliga lösningar. Detta utfördes genom sökning bland produkter och patent. Lösningar söktes hos produkter inom liknande användningsområden. I detta fall studerades exempelvis tätningar ämnade för elektronikboxar i utomhusmiljö. Även lösningar från till synes orelaterade områden söktes för implementering till konceptgenereringen.

För att få en inblick om hur marknaden ser ut idag, utfördes en patentsökning. Sökningarna utfördes på *Espacenet* och *Google patents*. Söktermer som använts: *Jammer detection*, *jammer tracker*, *jammer finder*, *scrambler detection*, *scrambler tracker*, *scrambler finder*, *jammer*, *scrambler*, *radio interference detection*, *radio interference*.

3.6.2 Idégenerering

För att hitta idéer på lösningar till de olika problem som skall lösas utförs en idégenerering. Metoden tillämpas genom att diskutera och skissa lösningar baserat på egna erfarenheter och hur andra löst liknande problem. Detta är en iterativ process vilket medför att det presenterade resultatet endast är de bästa koncepten. Koncepten växer också fram genom att plocka idéer från ett koncept och tillämpa det på ett annat.

3.6.3 Visualisera koncept

Till en början skissades ett antal koncept överskådligt för att ta vara på de idéer som framkommit av idégenereringen. Då ett flertal koncept nått till en nivå där en klar bild över hur konceptet skulle utformas fastställts, kunde en enklare 3D-modellering inledas. Skilt från skissning utfördes detta med hjälp av ett modelleringsprogram. Anledningen till att gå vidare till detta steg var för att på bättre sätt kunna betrakta koncepten och dess delar från olika vyer. Även dimensioner och utformning kunde snabbt ändras efter behov.

Modelleringen utfördes med hjälp av Catia V5 (Computer Aided Threedimensional Interactive Application). I Catia finns en rad olika "workbenches", vilket kan betraktas som olika metoder att framställa modellen. Vissa är mer lämpade än andra för olika applikationer. De workbenches som användes till projektet var först och främst *part design*, där solida element utgående från tvådimensionella skisser, byggs upp och bearbetas. Vidare användes workbenchen *assembly design*. Här fördes de olika delarna samman i en modell för att kontrollera och verifiera passform och måttsättning. Här kunde även enklare animeringar genomföras för att säkerställa att rörliga delar hade tillräcklig frigång.

3.7 Val av koncept

Då ett flertal koncept hade nått till den nivå där de rättvist kunde bedömas, inleddes processen för att hitta det koncept som sedan togs vidare till vidareutveckling. I detta stycke beskrivs de metoder som användes för att stödja valet av koncept.

3.7.1 Kesselrings urvalsmatris

Kesselrings urvalsmatris är en typ av urvalsmatris där kriterier viktas utifrån en kravspecifikation. Därefter rankas koncepten utefter hur väl de uppfyller dessa. Kriterierna listades tillsammans med hur viktiga de är för slutprodukten eller kravställaren. Lösningalternativen betygsätts antingen enligt beräknade, uppmätta eller uppskattade värden, även utifrån subjektiva kvalitéer såsom utformning. (Johannesson, Persson, Pettersson, 2013). Betygsskalan definierades från 1-5 för att motsvara den skala som användes i kravspecifikationen där fem betyder att önskemålet är högt prioriterat.

Matrisen utformades först med de kriterier som undersöktes tillsammans med dess vikt (w). Lösningalternativen betygsattes utifrån uppfyllnadsgrad och betygen (v) multiplicerades sedan med kriteriets viktning för att ge meritvärdet (t). Meritvärden summerades sedan för varje alternativ och jämfördes med en ideal lösning, en lösning med högsta betyg i alla kriterier. Alternativen rangordnades utefter de summerade meritvärde, varefter en analys av resultatet av matrisen genomfördes. (Johannesson, Persson, Pettersson, 2013)

3.8 Materialval

För att hitta ett lämpligt material för de komponenter som designats från grunden användes den metod som presenteras i boken *Materials - engineering, science, processing and design*. Materialvalet stöds av materialdatabasen CES EduPack 2016. (Ashby, Shercliff, Cebon, 2014)

Metoden delas upp i följande fyra steg.

- **Översättning av designkrav.** Omvandla designkraven till parametrar som kan utvärderas hos material.
- **Sällning.** Med ovan ställda krav sällades de material bort som ej uppfyller dessa. Detta kan exempelvis vara krav på att materialet måste tåla en viss temperatur och således eliminerades de material som ej uppfyller kravet.
- **Rankning.** Jämförelse mellan de kvarstående materialen för att undersöka vilket som uppfyller en parameter bäst. Denna jämförelse kan utföras med hjälp av materialindex som ger ett värde på hur bra ett material är då vissa aspekter betraktas.
- **Dokumentation.** När det finns ett litet antal material som är ungefär lika bra enligt ställda krav och önskemål jämförs dessa genom att materialens dokumentation studeras. Detta kan exempelvis vara dokumentation om typiska användningsområden eller vissa förutsättningar som materialet kräver.

I slutändan blev det oftast en balansgång mellan oförenliga mål. Exempelvis när det är önskvärt med hög prestanda men också låg kostnad. Målet var då att försöka hitta ett material som är tillräckligt bra.

3.9 Prototypframtagning

I samband med att konceptet hade nått en tillräckligt god nivå var det dags att framställa en prototyp. En prototyp kan vara i flera olika former och kan vara ämnad för olika användningsområden. Dels kan prototypen avse en 3D-modell, så kallad *virtual prototyping*, eller en fysisk representation. Den fysiska prototypen kan ha flera användningsområden såsom underlag för bedömning av form, färg och ytegenskaper eller för test av funktion. (Johannesson, Persson, Petterson, 2013). I detta projekt avser prototypframtagningen en fysisk modell för testning och verifiering.

3.9.1 3D-utskrift

För att framställa prototypen tillämpas en form av additiv tillverkning. Additiv tillverkning är ett samlingsnamn för metoder som lager för lager bygger upp och därmed skapar en modell. Modellen byggs upp utgående ifrån en tredimensionell CAD-modell. (Johannesson, Persson, Pettersson, 2013).

Den enda komponent som framställdes med hjälp av 3D-utskrift var hållaren för mottagarna. Denna del valdes främst på grund utav de restriktioner som tillverkningsmetoden för med sig, vilket framförallt gäller storleken på utskriften. Eftersom de övriga delarna är avsevärt mycket större kan endast hållaren skrivas ut. Dessutom var hållaren den del som var mest intressant för verifiering då den ingår i den roterande enheten.

3.10 Verifiering

Som verifiering av de koncept som har utvecklats, testades vissa aspekter med hjälp av den fysiska prototypen. Detta var huvudsakligen tester som berörde den roterande enhetens allmänna funktion och hur den väl den interagerar med övriga komponenter.

3.10.1 Passform och lösningar

För att bedöma hur väl konceptet håller de komponenter som fästs till eller i den roterande enheten utfördes en verifiering. Mycket fokus låg på måttsättningen av enheten, framförallt spelen mellan mottagare och hållare. De lösningar som tillämpats utvärderades därefter för att verifiera funktionaliteten. Denna verifieringsprocess genomfördes främst för att ta reda på ifall något behövde justeras eller omkonstrueras för att kunna gå vidare med produkten.

3.10.2 Funktionstest: rotation och detektion

Ytterligare verifiering utfördes med fokus på enhetens rotation och funktionsmässiga aspekter. Dels studerades rörelsen av enheten och kontrollerades mot eventuella störningar. Även enklare verifiering utfördes i ett scenario som liknar det som produkten är ämnad att skydda mot. En liten sändare användes för att simulera signalerna från en störsändare. Testerna genomfördes tillsammans med Tor Anderson på TorLab AB som är en så kallad *radioamatör* och därigenom har tillstånd att bygga sändarutrustning för att sända på amatörradioband.

Observera att verifieringen ej genomfördes på GSM-bandet utan på det så kallade ISM-bandet (Industrial Scientific Medical) och var inom ramarna för tillståndsfri radiosändning. Precis som framgår i ett dokument av myndigheten Post- och telestyrelsen är det undantag från tillståndsplikt att sända mellan 432MHz - 438MHz begränsad effekt till 15mW (Post- och Telestyrelsen, 2015). Detta är i enlighet med *Lag (2003:389) om elektronisk kommunikation*, kapitel 3 (Riksdagen, 2003). Tester utfördes med en sändaranordning på 433Mhz med en effekt på 10mW under en kortare tid.

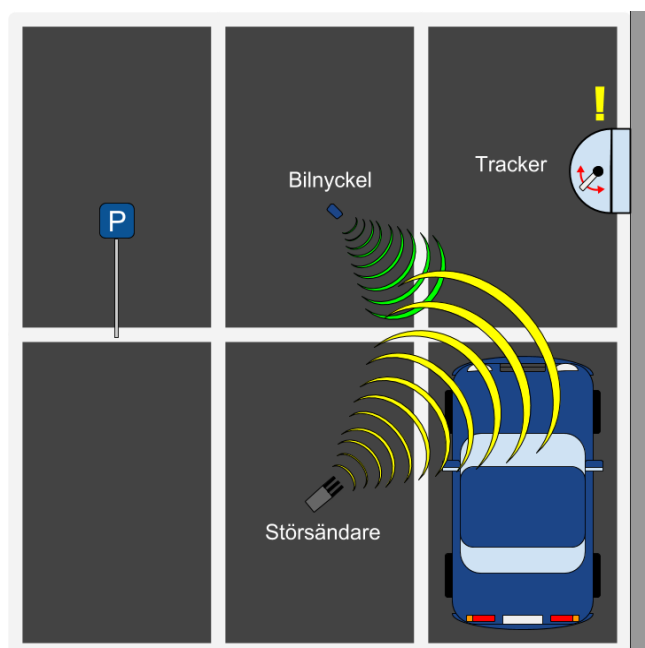
4. Underlag för konceptframtagning

Här beskrivs de steg som utförs innan arbetet med koncepten kan påbörjas. Detta kapitel avser tillämpningen av de metoder som använts för att bygga förståelse för produkten dess funktion. Vidare betraktas vissa steg nödvändiga för att överhuvudtaget kunna inleda den kommande konceptutvecklingen.

4.1 Scenario

Precis som nämnt tidigare är det i dagsläget ett ökande problem med att fordon med GSM-larm installerade stjäls genom att larmet störs ut med hjälp av störsändare. Det finns två huvudsakliga scenarion på hur en stöld kan gå till. Första scenariot är att den fjärrstyrda låsnyckeln störs ut vilket medför att fordonet lämnas olåst och möjligen olarmad, se *figur 4.1*. Polisen varnar på sin hemsida om problemet med störsändare och uppmanar allmänheten att vara extra varsamma och kontrollera att bilen faktiskt är låst (Polisen, 2017). Notera att bilnyckeln inte går på GSM-bandet utan befinner sig på ISM-bandet. Det andra är att larmsignalerna från fordonet till en extern mottagare (fordonets ägare eller en operatör) slås ut vilket medför att fordonet kan manipuleras ostört.

För de båda fallen skall enheten kunna detektera störsändarens närvaro men också kunna avgöra vart den befinner sig. Detta sker genom en svepande rörelse där den enhet som tar emot signaler söker av ett område. Då störsändaren upptäcks försöker enheten med hjälp av mjukvara avgöra signalens källa. Därefter kan någon form av åtgärd ske, exempelvis i form av något avskräckande, såsom en strålkastare som tänds i riktning mot sändaren. Detta kan även tänkas kombineras med att ett vaktbolag tillkallas.



Figur 4.1: Scenario som illustrerar hur störsändare kan användas.

4.2 Funktioner

Huvudfunktionen för produkten är densamma som dess syfte, att detektera och positionsbestämma störsändare. I detta fall utförs funktionen genom att svepa den enhet som tar emot signaler, hädanefter kallat mottagarenhet, över ett område för att avgöra vid vilken vinkel som störsändaren befinner sig.

Till huvudfunktionen listas de delfunktioner som kommer att tillåta att den kan utföras. För att mottagarna skall kunna gå fritt utan mekanisk störning finns två delfunktioner på plats: Skydda komponenter och hålla kablage fritt från rotation. Dessa två medför att inget stör den roterande komponenten, varken från utsidan eller insidan av enheten. Utöver dessa finns de lite mer självklara delfunktionerna kvar såsom att hålla mottagare och att enheten skall kunna monteras på cylindriska rör och plana ytor. Dessa funktioner måste dock finnas för att produkten överhuvudtaget skall kunna fungera. Sedan finns även tilläggsfunktionerna där den första är att avlasta servomotorn, något som anses vara viktigt för att inte påfresta denna. Vidare är det något som antas kunna innebära en längre livslängd för servomotorn. Nedan listas de definierade funktionerna.

Huvudfunktion:

Produktens huvudfunktion är att detektera störsändare genom att svepa över ett vinkelspann på 180°.

Delfunktion:

- Skydda komponenter - mot väder, våld och manipulering.
- Mottagarna skall kunna rotera i ett led +/- 90°.
- Enheten skall kunna monteras på cylindriska rör (önskemål: plana ytor).
- Hålla mottagare.
- Hålla kablage fritt från rotationen.

Stödfunktion:

- Avlasta servomotor.
- Förse enheten med ström då den externa strömtillförseln bryts.

4.3 Delsystem

Indelning av enheten resulterade i följande delsystem. På kommande sida visas även en principiell skiss på hur de tänkta delsystemen skulle kunna utformas, se *figur 4.2*.

4.3.1 Plattform

Plattformen är den del som utgör grunden för alla de komponenter som behövs för att enheten skall kunna utföra sin huvudfunktion. På plattformen kommer komponenter såsom dator och batteri monteras. Det är också plattformens uppgift att tillsammans med kåpan skydda dessa.

4.3.2 Drivenhet

Rörelsen av mottagarenheten skall drivas av en eller ett flertal komponenter. Detta delsystem är direkt kopplat till delfunktionen att enheten skall kunna rotera $\pm 90^\circ$ (totalt 180°) i horisontellt plan. Det är alltså detta delsystem som utför rotationsrörelsen och kommer bland annat utgöras av en servomotor.

4.3.3 Mottagarenhet

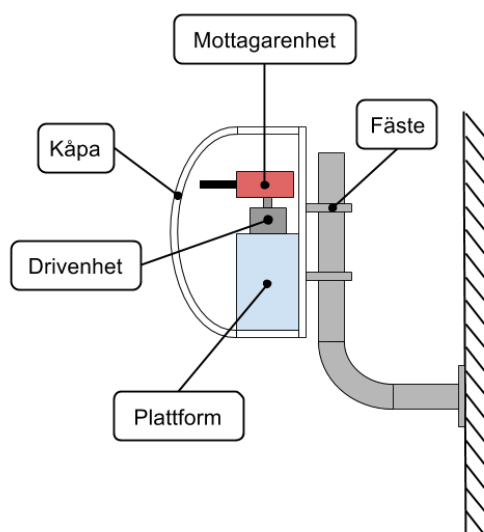
Delsystem benämnt mottagarenhet byggs upp av det som kommer att följa med i den roterande rörelsen. Beroende på utförande kommer detta delsystem att se olika ut för olika koncept. Mottagarenheten kommer alltså bestå av någon form av hållare varpå mottagare fästs.

4.3.4 Kåpa

Kåpans primära funktion är att skydda produkten och dess innehåll. Detta delsystem är en försegling mot omgivande miljö, främst mot vind och nederbörd. Eftersom enheten är ämnad för att skydda mot brottsliga aktiviteter, likt en övervakningskamera, finns risk för manipulering. Kåpan skall därför även skydda enheten mot trubbigt våld. Då enheten kommer att innehålla flera elektriska komponenter kommer det vara av stor vikt att enhetens förslutning uppfyller tillräckligt god kapslingsklassning.

4.3.5 Fäste

Fästet är den komponent som kommer att hålla hela enheten på plats. Detta delsystem är alltså enhetens mekaniska gränssnitt utåt. Infästningen skall enligt krav från Tor kunna ske på cirkulära rör, men också med önskemålet att även kunna fästas mot plana ytor.



Figur 4.2: Principiell skiss på delsystemens utformning och arrangemang.

4.4 Ingående komponenter

Enheten kommer utöver de olika delsystemen bestå av en rad fristående komponenter. Vissa av dessa komponenter krävs för att enheten skall fungera, medan andra ingår på grund av önskemål ställda av Tor. Arbetet med de elektriska komponenterna handlar främst om inbyggnaden av dem. Utöver inbyggnaden kommer komponenterna även påverka de krav som ställs på hela enheten.

4.4.1 Mottagarenhetens komponenter

För att detektera signalen från en störsändare krävs någon typ av mottagare. Då störsändare skickar ut starka signaler som bland annat täcker över frekvensområdet för GSM-bandet krävs en mottagare som kan ta emot dessa signaler. Mottagarenheten kommer delvis att bestå av en antenn som fångar in signalen och sedan levererar den vidare till mottagaren. Beroende på utformningen och storlek av antennen kan olika grader av noggrannhet uppnås. Mottagaren kommer i sin tur att behandla den inkommande signalen och skicka den vidare till styrenheten. Här utgörs mottagaren av en RTL-SDR som beskrivs i *kapitel 2.3*.

Till projektet krävs en relativt noggrann antenn då syftet med enhetens svepande rörelse är att avgöra vart i förhållande till enheten signalen kommer ifrån. Alla antenner har ett strålningsdiagram som visar på signalstyrka i förhållande till antennens orientering. Det finns

mängder av antenner med olika strålningsdiagram men de som är av intresse är de som har maximum signalstyrka cirka 90° från sin minimala.

För att konceptet skall fungera utnyttjas två stycken antenner vinklade 90° i förhållande till varandra för att den ena skall ha sin maximala signalstyrka då den andra har sin minimala. Detta skall då erbjuda en mer exakt positionering då maximum och minimum mäts samtidigt.

4.4.2 Styrenhet

För att behandla information samt att styra enheten krävs en styrenhet i form av en dator. Detta projekt kommer utgå ifrån den lättillgängliga och billiga datorn som kallas för *Raspberry pi*. Denna dator har tillräcklig kapacitet för att utföra de relativt enkla uppgifterna att styra motorn samt behandla informationen från mottagarna.

4.4.3 Drivningsenhet

För att driva rotationen för mottagarenheten krävs en motor. Motorn för konceptet är i form av en liten likströms servomotor, ofta benämnt *RC-servo*. Fördelen med att använda ett RC-servomotor är att den har alla komponenter som behövs för att styra rörelsen. Bland annat innehåller dessa motorer en potentiometer som ger motorn information om vilken vinkel den skall ställa axeln i. Detta är något som bland annat kommer vara nödvändigt för att bestämma positionen hos upptäckt mål. För att avlasta och lagra utgående axel används en tillsats för servomotorn som dessutom erbjuder robust infästning mellan axel och mottagarenhet.

4.4.4 Strömförsörjning

Komponenternas strömförsörjning skall utgå ifrån en extern strömkälla som förser enheten med likström. För att stå emot eventuella kabelbrott eller andra strömavbrott skall enheten utrustas med ett batteri.

Utifrån önskemål skall produkten även innehålla en solcell i ovankant för att kunna ladda batteriet. Denna behöver en plan yta för infästning och större yta medför att större solceller kan användas. Där större solceller generellt sett tillför mer ström.

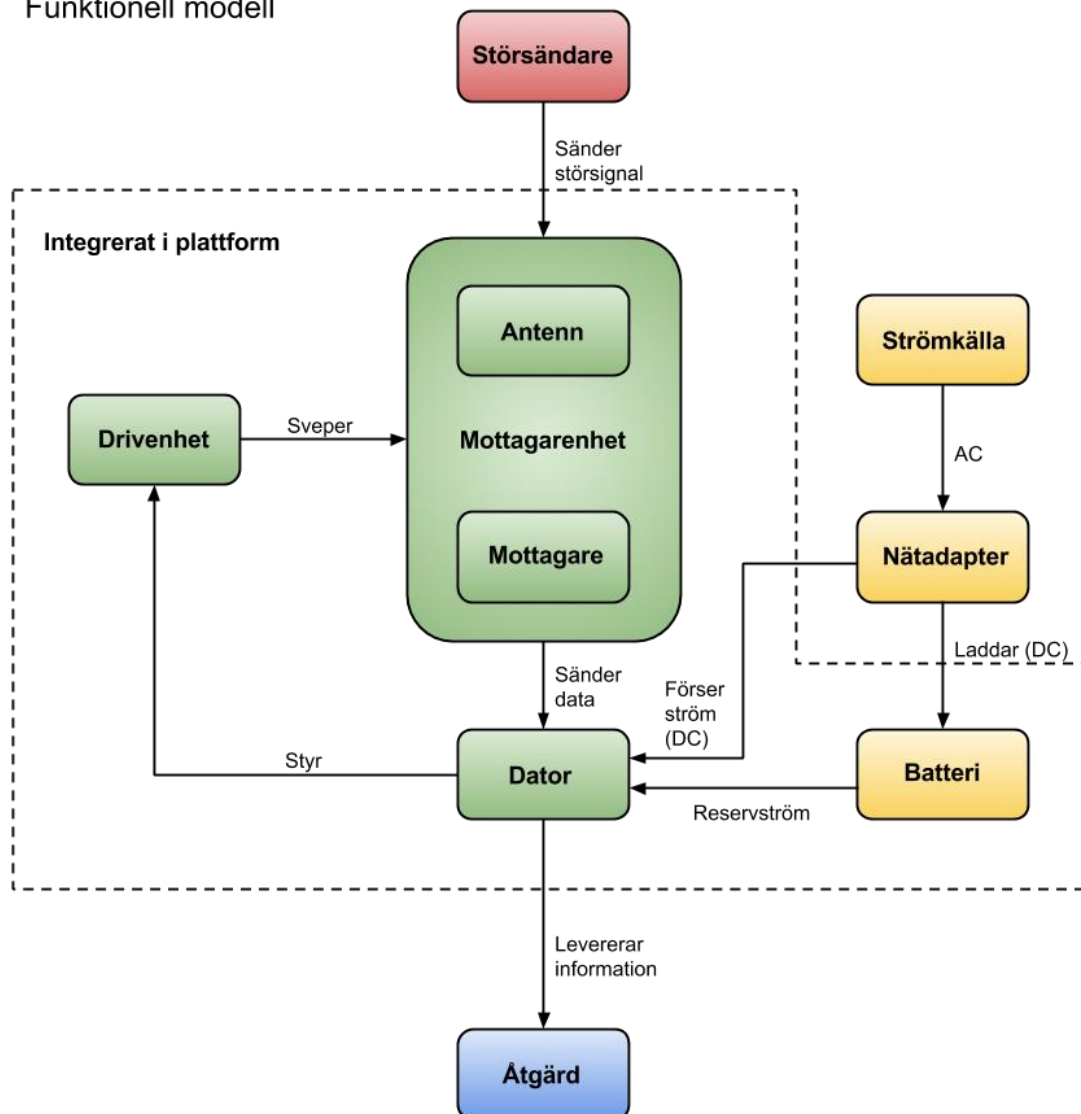
4.5 Funktionell modell

Tillämpningen av funktionella modellen resulterade i ett blockschema. Systemgränsen representerar plattformen och de block som finns inuti representerar de olika delsystemen samt komponenterna som integreras i plattformen, se *figur 4.3*.

Processen utgår från en störsändare som sänder signaler vilka först samlas in av antennen för att sedan förstärkas av mottagaren. I sin tur skickar mottagaren vidare den insamlade informationen till en dator vilken analyserar denna och utifrån dess programvara fattar ett beslut. Exempelvis skickar den information till drivenheten för att rotera mottagarenheten. Rotationen har nu påverkat mottagarenhetens läge vilket i sin tur, på grund av riktningsverkan hos antennen tar emot en signal med en annan signalstyrka.

Processen sker kontinuerligt tills det att datorn kan avgöra positionen av störsändaren och därefter skickar information till en åtgärd. Exempel på åtgärd finns i *kap 4.1*. Till modellen finns även strömförsörjning av enheten där det också visar på att ström antingen kan föras från den externa nätadaptern eller via det interna batteriet i form reservström.

Funktionell modell



Figur 4.3: Funktionell modell på produkten.

4.6 Kravspecifikation

Nedan listas de kriterier som direkt har kommit att påverka och forma arbetet. Utöver dessa finns ytterligare krav och önskemål som tas hänsyn till men som inte har någon större påverkan på hur den slutgiltiga produkten kommer att utformas.

- **Täckbart vinkelspann, 180°.** Innebär att mottagaren skall kunna svepa över ett vinkelspann på 180° och upptäcka störsändare inom detta område.
- **Kablage som ej stör rörelse.** Detta syftar på att det kablage som löper från de svepande mottagarna till styrenheten inte får orsaka problem för rotationen. Något som kan komma att påverka utformning och layout hos berörda delar.
- **Ej utmattas.** Framförallt aktuellt för den drivande enheten då denna kommer att arbeta under en lång tid. Detta ställer krav på att komponenterna skall utstå långa drifttider. Utöver mekanisk utmattning kan termisk utmattning vara aktuellt för vissa komponenter. Något som dock inte anses vara dimensionerande för produkten.
- **Drivning med RC-servomotor.** Varför detta sätts som krav är för att det medför ett kostnadseffektivt sätt uppfylla drivningen som dessutom erbjuder enkelhet för styrning.
- **IP-klassning, ansätts till IP53.** Då enheten kommer att befinna sig i en utomhusmiljö och innehålla elektriska komponenter och delar i rörelse, är det av stor vikt att skydda dessa mot elementen.
- **Material som ej stör mottagarens funktion.** Ett krav som främst berör kåpan men även andra komponenter som kan tänkas påverka mottagaren. Vissa material kan blockera eller störa mottagarens funktion och dessa skall därför undvikas.
- **Utrymme för infästning av övriga komponenter.** Det skall finnas utrymme för att montera övriga komponenter såsom en liten dator, batteri och servomotor.
- **Inga naturligt ledande material.** För att skydda de elektriska komponenterna mot statiska urladdning måste viss hänsyn tas till materialval till enheten.
- **Tåla varierande omgivningstemperatur, -40°C till 65°C.** Eftersom produkten är avsedd för utomhusbruk måste den tåla de temperaturvariationer som uppstår.
- **Vattenavrinning i ovankant.** För att undvika problemet med att vatten blir stående på ovansidan av produkten ställs kravet att den skall ha en sluttning i ovankant.

Nedan listas de önskemål som finns på produkten. Viktningen avser en femgradig skala där fem betyder att det är ett högt prioriterat önskemål. Dessa värden används sedan urvalsmatrisen för koncept.

- **Minimera vikt på roterande massa, vikt - 5.** Eftersom det kommer att ske en retardation och acceleration i vändlägena för den svepande rörelsen är det önskvärt att minimera massan. Lägre massa innebär att mindre moment krävs från servomotorn.
- **Enkel utformning av plattform, vikt - 4.** För att förenkla potentiell tillverkning av produkten är det önskvärt att designen är simpel.
- **Innehålla fåtal delar, vikt - 3.** För att hålla nere kostnaden och förenkla tillverkning är det en fördel med färre komponenter.
- **Mottagare fri från övriga komponenter, vikt - 5.** Då mottagaren kan vara känslig för störningar bör denna hållas avskilt från komponenter som kan tänkas påverka dess funktionalitet.
- **Justerbar lutning av mottagare alt. hela enheten, vikt - 4.** Då montage av produkten kan ske på olika platser och på olika höjd är det önskvärt att produkten kan riktas in vid montage. Detta ökar flexibiliteten vilket i sin tur förbättrar produktens funktion.
- **Kompakt enhet, vikt - 5.** För att ge ett diskret estetik är det fördelaktigt med en kompakt produkt som inte är större än nödvändigt.
- **Diskret utformning, vikt - 3.** För att produkten skall skyddas mot att manipuleras är en design som inte är framträdande önskvärd. Avsikten är alltså produkten inte skall märkas.
- **Minimering av utstickande längd från infästning, vikt - 3.** Detta ger enheten ett kompaktare intryck och underlättar även för infästningen. Detta ökar dessutom enhetens totala robusthet då ett mindre moment uppstår vid fästet.
- **Möjlighet för montage av solcell, vikt - 3.** Vid montering av solcell är det fördelaktigt med en så stor area som möjligt. Solcell önskades för att kunna ladda reservbatteriet som enheten skall innehålla. Detta svarar främst mot ett scenario där strömmen bryts.

4.7 Inventering av befintliga lösningar

Utifrån patentsökningen framkom det tydligt att det fanns fler patent på metoder att detektera störsändare än patent för liknande produkter. De patent som syftar på en produkt/lösning är endast konceptuella och liknar ej det som projektet avser att utveckla. Resultatet från patentsökning kan både ses som bra och dåliga. Bra i den mån att det inte finns några produkter likt den som skall framställas, vilket medför att produkten inte har några konkurrenter på marknaden. Dock medför det att ingen referenslösning att jämföra produkten med existerar.

5. Konceptgenerering

I detta kapitel presenteras de koncept som utvecklats för produktens olika delar och delsystem. Vidare beskrivs även urvalsprocessen med de metoder som tillämpas för att välja de koncept vilka skall vidareutvecklas.

5.1 Konceptförslag för plattform och kåpa

I detta skede behandlas koncept med fokus på det överskådliga arrangemanget. Här behandlas hur de olika komponenterna kan tänkas att placeras i enheten. Det är också här som den övergripliga utformningen på delsystemen plattform och kåpa utvecklas. Då denna process har genomförts och ett koncept har valts, antar projektet en mer detaljerad form där fokus ligger på att hitta lösningar till problemområden och utformning av andra ingående detaljer.

Alla de koncept som visas på kommande sidor har liknande karaktärsdrag. Först och främst bygger alla koncept på en lösning där alla komponenter innesluts i samma enhet. Detta syftar till lösningar där rotationen av mottagarenheten sker innanför enhetens hölje. Detta var ett designelement som fastställdes främst för att undvika att ha delar öppna mot omgivande miljö som rör sig relativt varandra. För detta skulle det krävas en extra tätning förslagsvis i form av en radialtätning, något som komplicerar konstruktionen ytterligare. Ett annat designelement som gäller för alla koncept är den plana ytan avsedd för montering av solcell. Denna yta placeras i ovankant då det är där den har bäst vinkel mot solen.

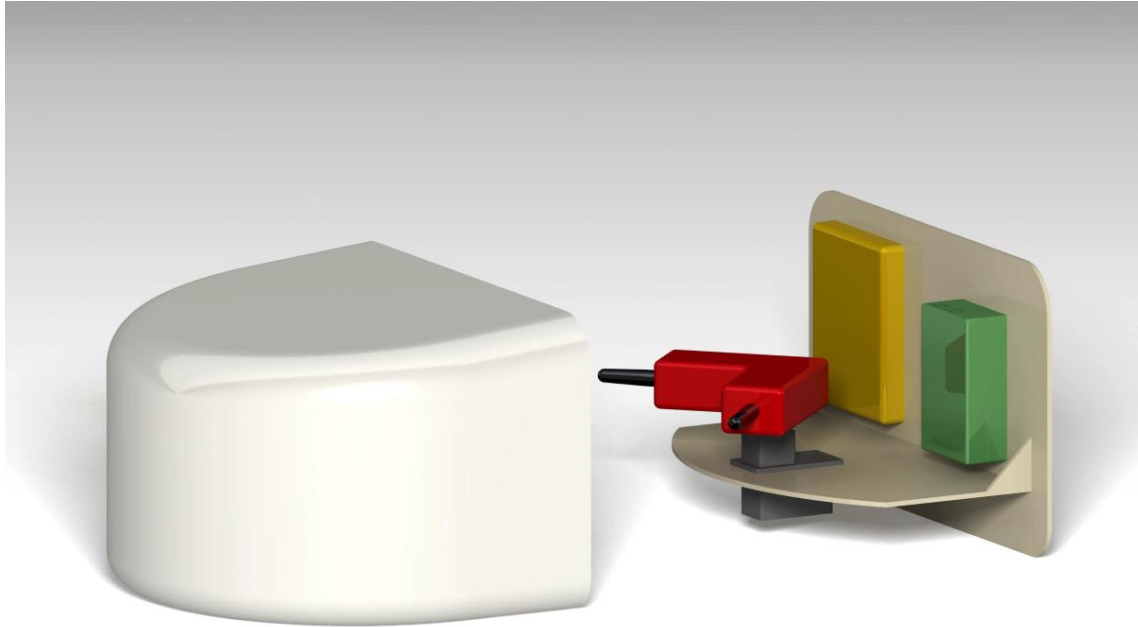
I följande figurer över koncepten finns även de olika komponenterna med deras ungefärliga mått modellerade. Detta för att illustrera dess storlek och visa hur de kan tänkas sitta i koncepten.

Komponenterna är som följer:

1. **Grönt block** - Styrenhet.
2. **Guldtigt/Gult block** - Batteri.
3. **Silvrigt block** - Drivenhet.
4. **Röd och Svart block** - Mottagarenhet.

5.1.1 Koncept 1 "Hyllan"

Koncept *Hyllan* är utformat att bygga mer på bredden än höjden. Längst ut på hyllplanet är mottagarenheten tänkt att vara monterad. Batteri och dator kan tänkas monteras antingen på hyllplanet bredvid drivningen eller mot bakplattan som visas i *figur 5.1*. Kåpan har en halvcirkulär utformning för att tillåta mottagarenhetens svepning. Den är dessutom utformad med en lutande plan yta i ovankant.

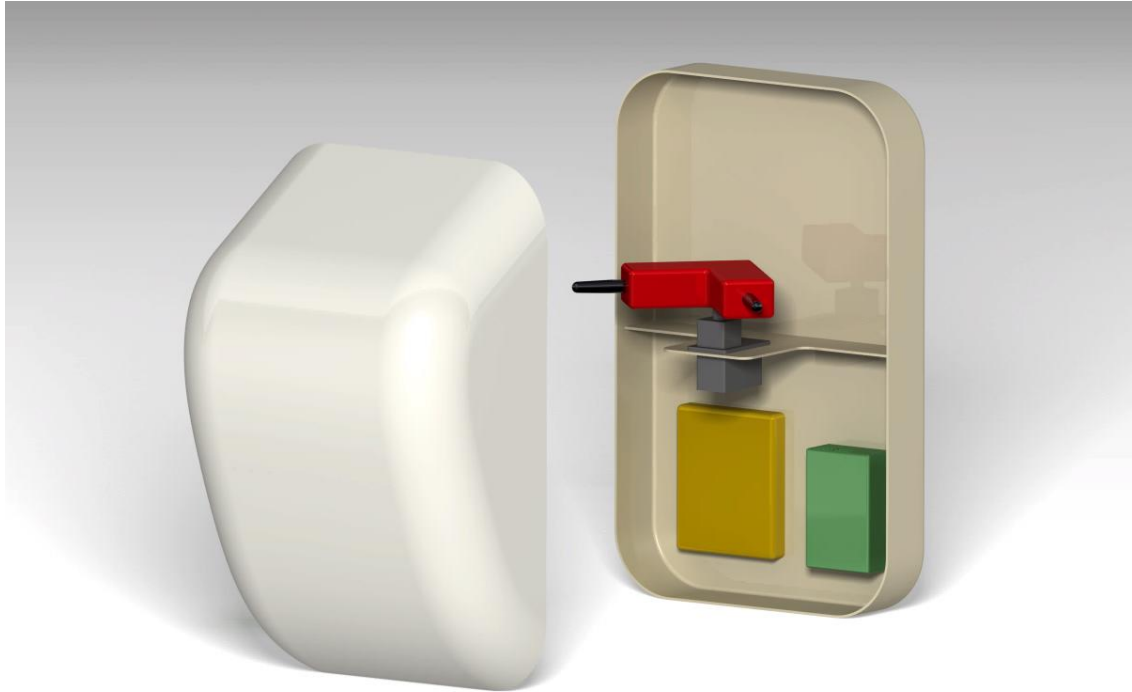


Figur 5.1: Rendering av koncept 1 "Hyllan".

Kåpan fästs direkt i bakplattan och bär ingen last. Hyllplanets utformning och position kan tänkas lösas på olika sätt, även med fler än ett hyllplan. Eventuella problemområden med detta koncept kan vara att komponenter hamnar i samma höjd som mottagarenheten.

5.1.2 Koncept 2 "Svept"

Koncept *Svept* bygger mer på höjden vilket medför att det inte sticker ut lika mycket från den bakre fästpunkten. Plattformen är den bakre plattan vilken alla komponenter fästs vid. Kåpan är utformad för att ge ett diskret intryck med inspiration tagen från väggmonterade lampor. Kåpan sticker ut mer upptill för att tillåta svepningen av mottagarenheten. I det nedre partiet är det tänkt att dator och batteri skall kunna monteras stående mot bakplattan, se *figur 5.2*.



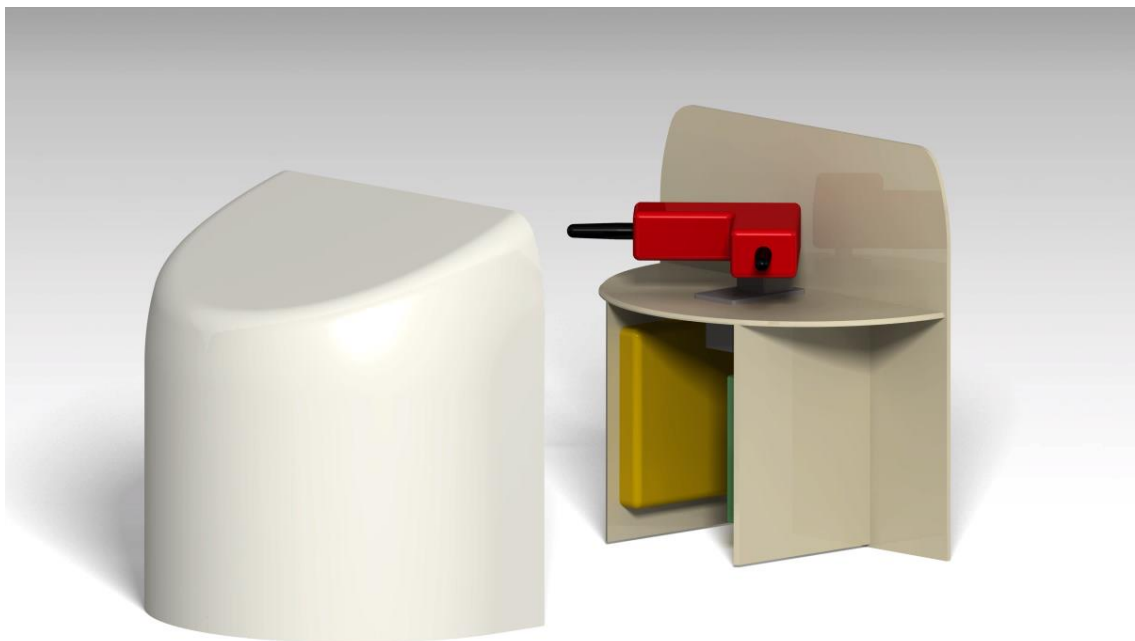
Figur 5.2: Rendering av koncept 2 "Svept".

Konceptet ger ett diskret och kompakt intryck som dessutom är format för att minimera oanvänd volym inuti. Bakplattans utformning behöver inte nödvändigtvis ha ett djup utan kan vara plan likt *koncept 1 Hyllan*. En fördel jämfört med Hyllan är att övriga komponenter monteras i höjdlid med mottagarenheten överst. Detta är fördelaktigt då inga komponenter hamnar i samma höjd som mottagaren och därmed minimerar risken för störningar.

5.1.3 Koncept 3 "Trash can"

Inspirationen till utformning av *Trash can* kommer inte direkt från en soptunna som namnet skulle antyda, utan en typ av datorer som fått detta smeknamn (Trash can PC). Dessa datorer är cirkulära till utformningen och används för att på ett stilrent och kompakt sätt kunna innesluta alla komponenter.

Realiseringen av denna tanke blev en enhet i två delar likt de andra koncepten, se *figur 5.3*. Basplattan är rektangulär med en avrundning i ovankant. Från plattformens bas sticker det även ut två vertikala plan varpå de ingående komponenterna fästs. Ovanför dessa plattor ligger en horisontell halvcirkulär platta, vars funktion är att antingen kunna fästa drivenheten på eller stödja axel/rotationen av mottagarenheten.

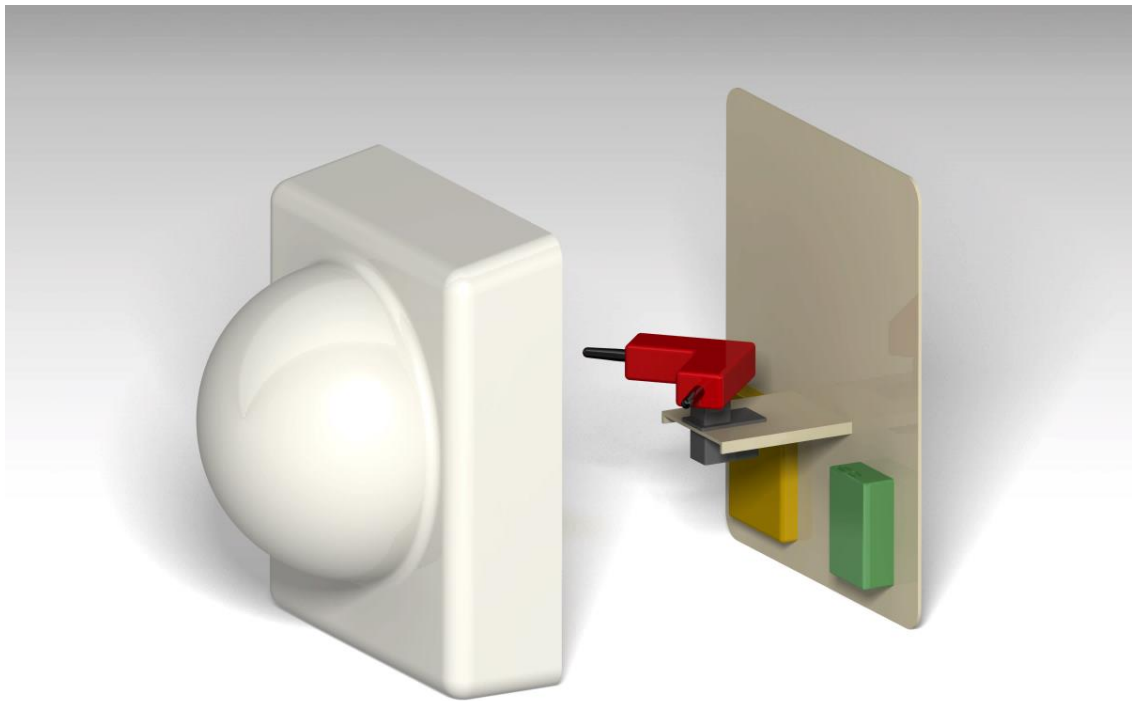


Figur 5.3: Rendering av koncept 3 "Trash can".

Kåpan är halvcirkulär för att tillåta att mottagarenheten roterar fritt och liknar plattformens utformning i den yta där de möts. Fördelar med detta koncept är att de utstickande plattorna ger mer utrymme för montering av komponenter och kablar och kan tillåta att komponenterna fästs i olika konfigurationer.

5.1.4 Koncept 4 "Monitor"

Utformningen av *Monitor* är inspirerat av övervakningskameror, specifikt typen "dome security cameras". Konceptet, likt de andra, baseras på att plattformen bygger på höjden. Plattformen är i detta koncept utformat som en rektangulär platta där de ingående komponenterna fästs. Kåpan i detta koncept är format som en låda med baksidan öppen mot plattformen. På kåpans framsida finns en halvsfär där mottagarenheten skall rotera, se *figur 5.4*.



Figur 5.4: Rendering av koncept 4 "Monitor".

En fördel med konceptet är att den utstickande längden blir relativt kort bortsett från kupolen. Detta är något som ger konceptet ett mer kompakt intryck. Dock resulterar detta i mer oanvänt utrymme över mottagarenheten för att kunna skapa en tillräckligt stor radie på kåpans sfär.

Detta koncept är en vidareutveckling av ett tidigare koncept där halvsfären var tänkt att sitta över eller under lådan, något som hade varit intressant ifall takmontage var aktuellt. För den tillämpningen kunde den monteras med plana sidan mot taket och istället rotera i ett plan parallellt med detta. Ett montage som således skulle vara mer lämpat för parkeringsgarage.

5.2 Val av koncept för plattform och kåpa

När alla koncept har utvecklats till en jämn nivå är det dags att välja ett som vidareutvecklas. Urvalsprocessen stöds med ett flertal metoder vars syfte är att dels lyfta upp intressanta aspekter men också för att framföra de sämre och oönskade. Utöver dessa metoder är Tors och projektgruppens egna åsikter avgörande i valet av koncept.

5.2.1 Dimensionsanalys

Som en del av urvalet av koncepten utförs även en enklare dimensionsanalys. I analysen modelleras de komponenter som enheten kommer att innehålla enligt deras rätta skala. Komponenterna placerades sedan i modellerna för koncepten och passades in på deras tänkta platser. I vissa fall behövdes vissa ändringar utföras på koncepten för att ge tillräckligt med utrymme för komponenterna inuti.

Utifrån dimensionsanalysen framkom vissa aspekter som ej hade uppmärksamrats tidigare. Delvis upptäcktes att *koncept 3 Trash can* behövdes förstoras för att mottagarenheten skulle få plats. På samma sätt upptäcktes att koncept 4 "Monitor" inte alls var lika kompakt som tidigare hade uppfattats och det skulle behövas förstoras för att ge utrymme åt komponenterna.

5.2.2 Kesselrings urvalsmatris

För att stödja beslutet av vilket koncept som vidareutvecklas utvärderas koncepten i *Kesselrings urvalsmatris*. Samtliga koncept har designats med samma förutsättningar att kunna uppfylla kraven, vilket medför att de istället måste jämföras mot önskemålen. De önskemål som betraktats är de som anses vara relevanta för plattform och kåpa. Alltså önskemål som på något sätt behandlar utformning, arrangemang av komponenter eller estetik. Många av önskemålen är dock svåra att tilldela definitiva betyg då flera av dem i viss mån är subjektiva. Betygsättning och viktning genomförs främst genom diskussion tillsammans med Tor, där en rättvis bild av koncepten eftersträvas. Då dessa koncept är mycket grova finns det dessutom aspekter som i detta stadie inte kan betraktas utan antas vara lika goda för samtliga koncept.

De aktuella önskemålen är:

- Enkel utformning av plattform.
- Innehålla fåtal delar.
- Kompakt enhet.
- Diskret utformning.
- Mottagare fri från övriga komponenter.
- Plan yta för montering av solcell.
- Minimering utstickande längd från infästning.

Resultatet av matrisen visar på att lösningsförslag två, *Svept*, är det som är starkast. Dock kan denna matris ge en falsk bild eftersom bedömningarna är till viss del subjektiva. Se matrisen nedan i *figur 5.5*.

Kriterium		Lösningförslag									
		Ideal		1		2		3		4	
	w	v	t	v	t	v	t	v	t	v	t
Enkel utformning av plattform	4	5	20	5	20	5	20	2	8	4	16
Innehålla fåtal delar	3	5	15	5	15	5	15	5	15	5	15
Kompakt enhet	5	5	25	3	15	3	15	4	20	3	15
Diskret utformning	3	5	15	4	12	5	15	4	12	3	9
Mottagare fri från övriga komponenter	5	5	25	2	10	4	20	4	20	4	20
Stor yta i ovankant för montering av solcell	3	5	15	5	15	3	9	3	9	1	3
Minimera utstickande längd från infästning	3	5	15	2	6	4	12	3	9	5	15
$T = \sum t_j$		130		93		106		93		93	
$T/T_{\max}$		1		0,72		0,82		0,72		0,72	
Rangordning				2		1		3		4	

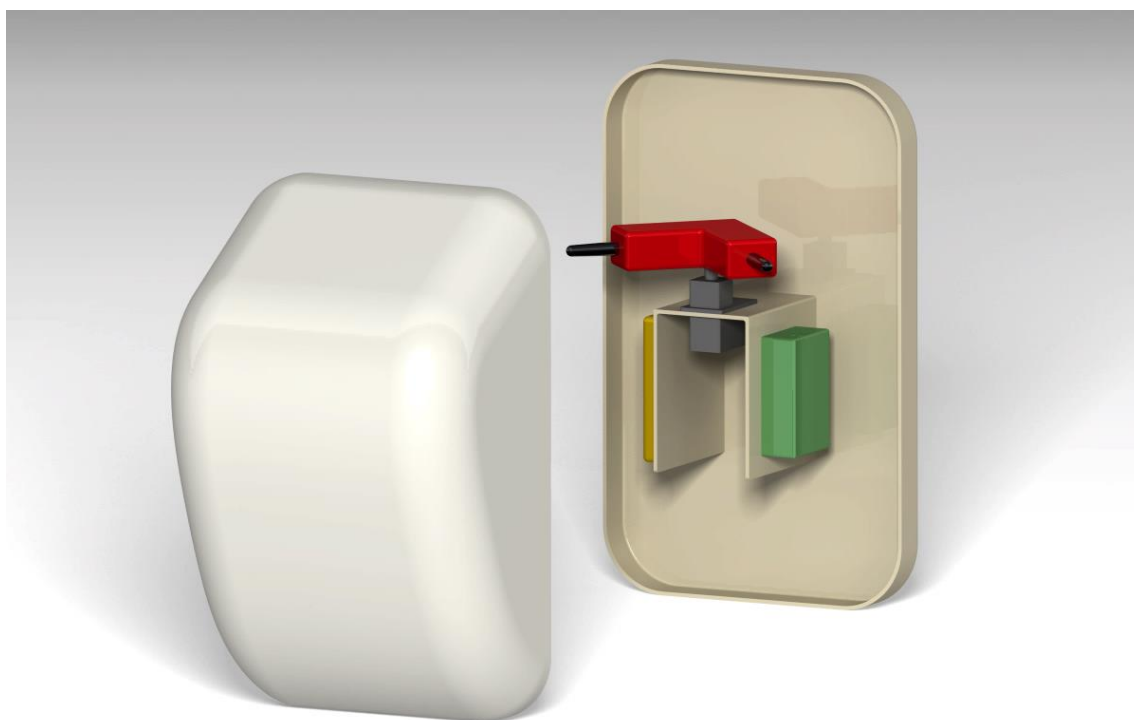
Figur 5.5: Kesselrings urvalsmatris.

5.2.3 Vinnande koncept

Med de olika verktygen som stöd samt genom diskussion tillsammans med Tor väljs *koncept 2 Svept* att vidareutvecklas. Detta koncept uppfyller alla krav som i detta stadie går att utvärdera samt gav bäst betyg i jämförelse mot önskemålen. Det har framförallt en klar fördel mot *koncept 1 Hyllan* vilken är att mottagaren hamnar på ett högre plan än övriga komponenter. Detta medför, förutom fördelar gällande konstruktion, minimering av den påverkan övriga komponenter kan ha på mottagaren. Tätningen antas kunna uppfyllas bra då, likt övriga koncept, då det endast blir en skarv i ett plan mellan kåpan och plattformen.

Koncept 4 Monitor har vissa intressanta detaljer som skulle passa bättre i andra miljöer eller användningsområden. Den har en utformning som skulle kunna passa bra då den läggs horisontellt och monteras i tak. Detta installationssätt tillsammans med utformningen av kåpan skulle kunna tillåta en rotation på 360°.

Det har utförts en vidareutveckling på *koncept Svept*, utifrån synpunkter framförda av Tor. Dessa är att plocka det designelement från *koncept Trash can* som erbjuder montage på flerytor, se *figur 5.6*. Detta skall underlätta montage och kabeldragning. För att få bättre passform och enklare kunna använda skruvförband har svepningen av kåpan planats ut i ändarna. För att förtydliga har kåpan rätats ut i skarven för att ge identisk geometri mot plattformen, se *figur 5.6* (beige del).



Figur 5.6: Rendering av det vinnande koncept "Svept" med de ändringar som utförts.

5.3 Utformning av mottagarenhet

Det som framförallt betingar mottagarenhetens utformning är vilka mottagare som används samt deras orientering. För att mottagarna skall kunna monteras krävs en hållare för dessa. Denna hållare skall överföra rotationen från utgående axel på drivenheten till mottagarna.

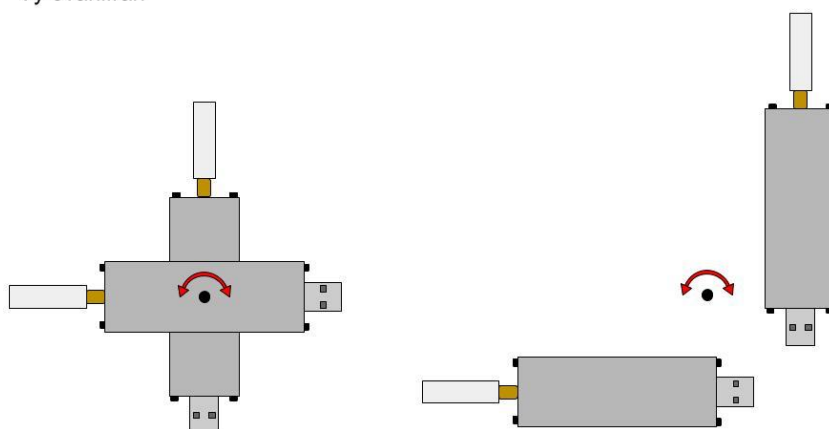
5.3.1 Orientering av mottagare

Ett villkor är att antennerna skall monteras i 90° vinkel i förhållande till varandra, vilket grundas i den metod som används för att detektera störsändare. Metoden går ut på att söka efter maximum och minimum på signalen i samma läge med två stycken mottagare. Tolkas strålningsmönstret i databladet framgår en tydlig riktningsverkan som till viss del beskrivs i *kapitel 4.4.1* (Johanson Technology, Inc, 2010). Här uppträder signalens minimum i antennens längdriktning medan dess maximum uppträder $\pm 90^\circ$ ifrån denna, betraktat ovanifrån.

Att tvärställa antennerna gentemot varandra kan lösas på två sätt. Antingen kan vinkeln vara mellan antenn och mottagare eller mellan de båda mottagarna. I detta koncept beslutas att tvärställa mottagarna. Detta med motivet att undvika eventuella problem som en vinklad kontakt mellan antenn och mottagare kan medföra vid höga frekvenser.

En konfiguration med tvärställda mottagare kan ske på två sätt. Antingen korsar mottagarna på mitten eller att tvärställa dem utan att de överlappar varandra, se *figur 5.7*. Fördelen med det korsande utförandet är att det ger en ökad kompakthet men det innebär också att dessa måste förskjutas vertikalt. Det utförande där mottagarna inte överlappar varandra blir relativt kompakt då rotationscentrum placeras vid tyngdpunkten. Detta medför att skillnaden inte blir avsevärt stor mellan koncepten. En annan fördel är att kablaget kommer ut ur enheten vid samma punkt vilket underlättar kabeldragningen. Dessutom hamnar kopplingspunkten till drivaxeln fritt från mottagarna vilket förenklar montage.

Vy ovanifrån



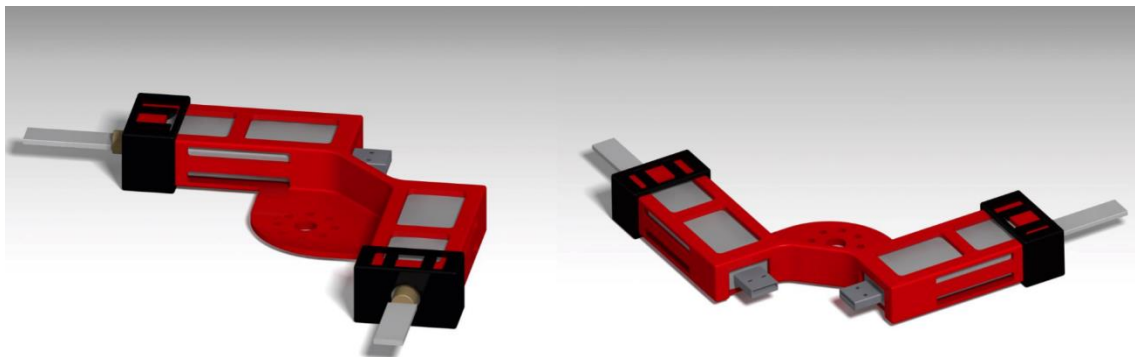
Figur 5.7: Visar mottagarnas (RTL-SDR) tänkbara arrangemang. Där den vänstra modellen är det korsande arrangemanget och den högra är det L-formade.

5.3.2 Koncept på hållaren

Med de två tänkbara utformningarna i åtanke modelleras två koncept med liknande förutsättningar. För att mottagarna skall sitta på plats i hållaren tillämpas klämförband. Låsningen hade kunnat lösas med skruvförband men undviks då skruvarna kan komma att påverka mottagarna. För att minimera materialåtgången och även hålla nere vikten designas hållaren som ett omslutande skelett. Eftersom hållaren i sig bär försumbar last blir dess uppgift mer styrande.

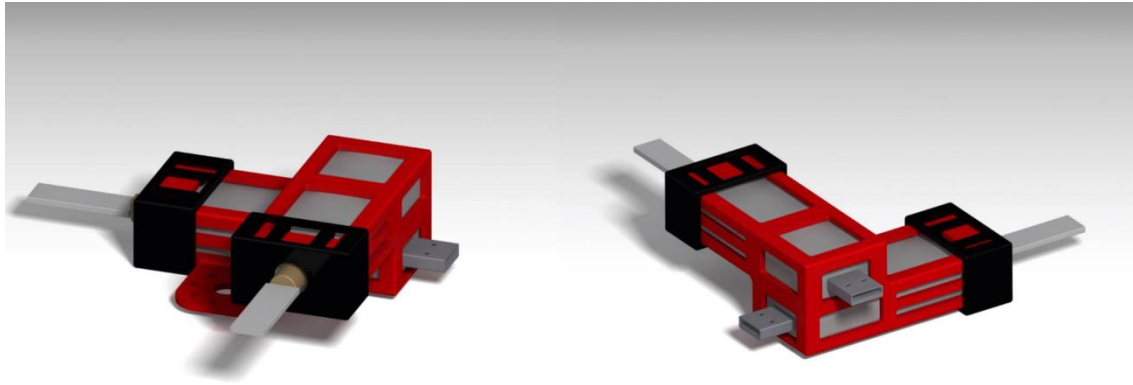
Då massan skall byta rotationsriktning och därmed accelereras vid sina vändlägen är det givetvis fördelaktigt med låg massa. Dock utgör hållaren bara en liten del av enhetens totala massa. Något som medför att den främsta anledningen till att hålla nere volymen är minskning av materialförbrukning.

Med detta i åtanke modelleras ett koncept enligt en L-formad konfiguration med bortskuret material där det ej behövs. Resultatet blir en design som påminner om ett ”exoskelett” som håller mottagarna på plats. Mottagarna är tänkta att skjutas in framifrån och hållas på plats dels av två kontaktpunkter på sidorna samt av ett lock i den öppna änden, se *figur 5.8*.



Figur 5.8: Rendering av koncept 1 på hållare med L-formad konfiguration.

Ett annat koncept som ger ökad kompakthet men fortfarande behåller vissa av de fördelar som *koncept 1* ger presenteras i *figur 5.9*. Konceptet kan betraktas som en kompromiss mellan den korsande konfiguration och den *L-formade* där överlappningen för ökad kompakthet sker i det bakre läget. Det ger fortfarande fördelar vad gäller montage såväl som kablage men i ett kompaktare utförande. Resultatet av detta är att det växer på höjden men detta betraktas ej som ett problem då det finns gott om utrymme i ovankant på grund av den designmässiga formen på kåpan.



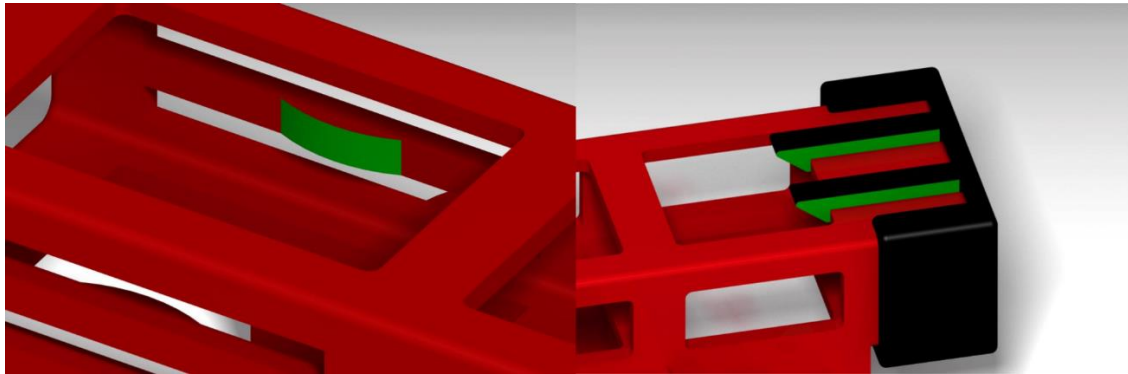
Figur 5.9. Rendering av koncept 2, hållare med överlappande arrangemang.

Då de båda koncepten jämförs med varandra framgår det att *koncept 2* är överlägset bättre framförallt då det är så pass kompakt. Då ena mottagaren är riktad mot bakplattan vid ena vändläget innebär det att mottagarenheten behöver gå fritt åt alla håll i rotationens plan. Avgörande faktorn är då hur stor radien blir från mottagarenhetens fästpunkt, vilket är dess rotationscentrum, till den maximalt utstickande längden. Vad som blir dimensionerande som mest utstickande längd avgörs av vilka USB-kontakter som används och hur långa antennerna blir med kontakter.

Vid jämförelse mellan koncepten kunde det fastställas att *koncept 2* har cirka 30mm mindre rotationsradie. Utöver att det är mer kompakt sparas ca 20 % i materialåtgång för hållaren. Denna besparing i volym kan direkt översättas till en kostnadsbesparing samt viktbesparing. Dock är den besparing i vikt som erbjuds i princip försumbar då massan redan är såpass låg eftersom materialet i sig kommer ha relativt låg densitet. Med den ökade kompaktheten som främsta motiv beslutas *koncept 2* att vidareutvecklas.

5.3.3 Valt koncept

I och med att ett koncept valts insågs det att vissa detaljer kunde förbättras. Först och främst har klämfästena på sidorna av mottagarna eliminerats. Detta med motiveringen att dessa efter montage skulle vara i konstant spänning. Då materialet för hållaren kommer vara en polymer är det ej önskvärt att utsätta denna för spänning under en längre tid, då detta leder till krypning och därmed förlorad funktionalitet. Detta leder till att denna typ av lösning elimineras, se *figur 5.10 a*).



Figur 5.10 a) & b): a) Vänster, visar den eliminerade lösningen med klämfäste mellan den gröna radien och mottagaren. b) Höger, visar snäppfästets utformning i grönt.

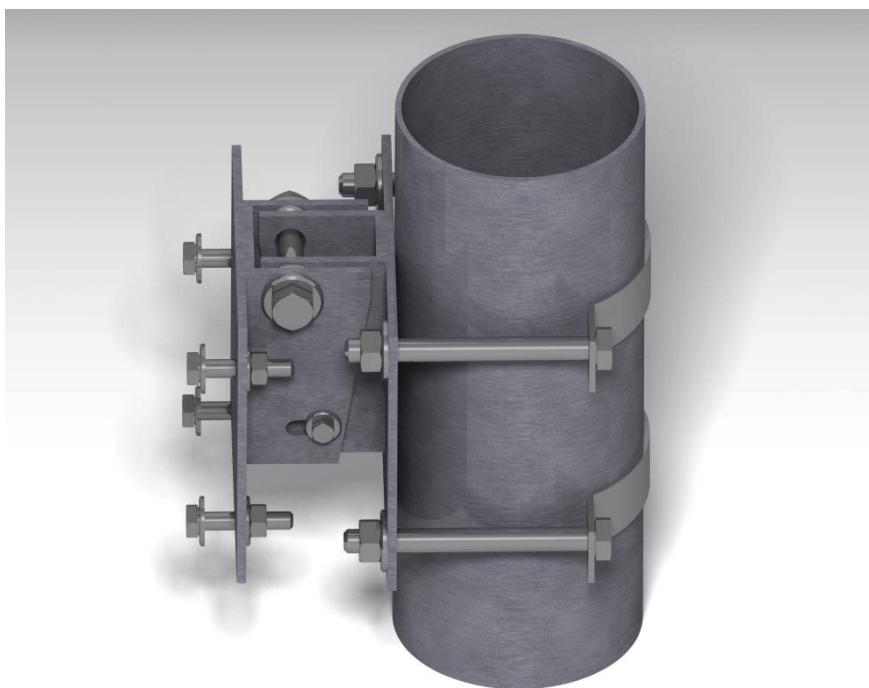
Istället antas det vara tillräckligt med en nära passning mellan hållare och mottagare för att hålla denna på plats i sidled. Locken för att innesluta mottagarna behålls dock för att förhindra att mottagarna ska kunna glida ur hållaren. Snäppfästena i ovankant på locken har behållits då dessa ej utsätts för belastning då de väl monterats, till skillnad mot klämfästen. De har dock förlängts, vilket underlättar utböjningen så att de enklare kan monteras samt för att minska belastningen på materialet, se *figur 5.10 b*).

5.4 Fäste

För att möjliggöra montage designas ett fäste som erbjuder infästning på plana ytor samt cirkulära tvärsnitt. Detta koncept utvecklas mest för att illustrera hur en sådan fästordning kan tänkas se ut. Ingen större vikt har lagts på tillverkningsbarhet eller ekonomi vid större produktionsvolym samt dess dimensionering.

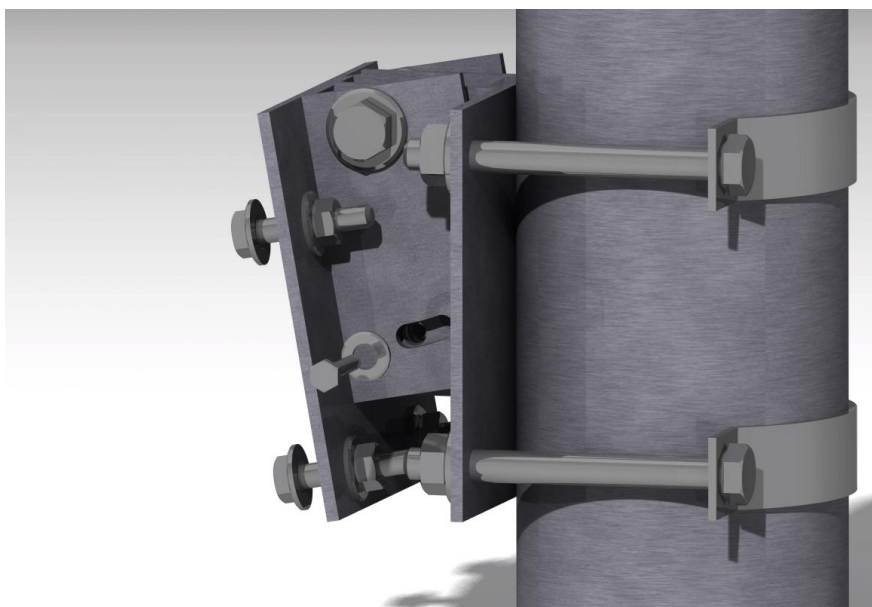
Utvecklingen av fästet är relativt linjär, där endast ett koncept utvecklats istället för att skapa ett flertal koncept och sedan jämföra dessa. Fästet är utformat så att det går vinkla 10° nedåt för att ge en viss flexibilitet vid montage. Om produkten monteras högt upp bedöms det som en fördel att kunna vinkla ner denna. Detta skulle ge mottagarna bättre förutsättningar att upptäcka sändare som befinner sig nära vid högt montage.

Vid montering på plan yta utnyttjas de fyra hål på den bakre plattan (i kontakt med stolpen), se *figur 5.11*. Vid montering på cirkulära tvärsnitt utnyttjas en friktionsbetingad lösning. Friktion är tänkt att åstadkommas genom att stolpen kläms mellan den bakre plattan och två stycken plattjärn som följer stolpens kontur. För att skapa ett tryck, och därigenom friktion mellan dessa används fyra stycken skruvförband, se *figur 5.11*.



Figur 5.11. Visar fästets utformning.

Vinklingen tillåts via en låsskruv som löper fritt i ett urfräst hål. Detta möjliggör en vinkling på 10° nedåt då skruven låses i sitt ändläge. Fästet kan rotera kring den övre skruven och spåret utgör en cirkelbåge på 10° , se *figur 5.12*.

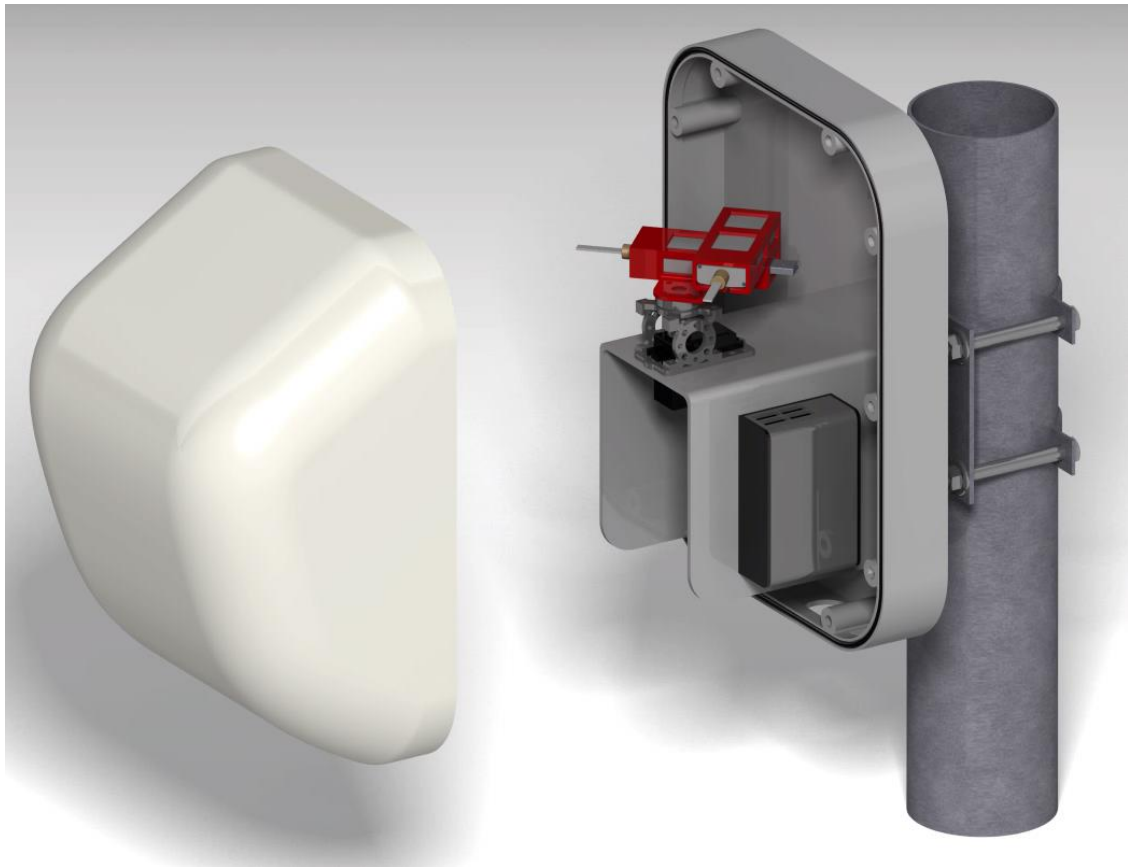


Figur 5.12. Visar fästet i sin maximala vinkel. Notera det urfrästa spåret med tillhörande låsskruv.

En alternativ lösning på vinklingen kan vara att vinkla enbart den rörliga enheten inuti och hålla enheten fast. Detta kan ge ett styvare och mindre komplext montage men hade istället ökat komplexiteten inuti.

6. Produktbeskrivning

I kommande kapitel redovisas det koncept som valts och sedan vidareutvecklats för att tillmötesgå de krav och förväntningar som ställs på produkten. Här kommer också de ingående komponenterna att framföras tillsammans med resonemang för varför de väljs. Se *figur 6.1* nedan för slutgiltigt koncept.



Figur 6.1: Rendering av slutgiltigt koncept, öppen vy.

I detta skede framställs även ritningar på de detaljer som har konstruerats under projektet, se *bilaga, 1, 2 och 3*. Dessa ritningar skapas för att visa på den nominella måttsättningen hos enheten samt ge en uppfattning om dess storlek. Ritningarna innehåller inga toleranser då de i detta stadiet inte har tillverkningsanpassats för produktion.

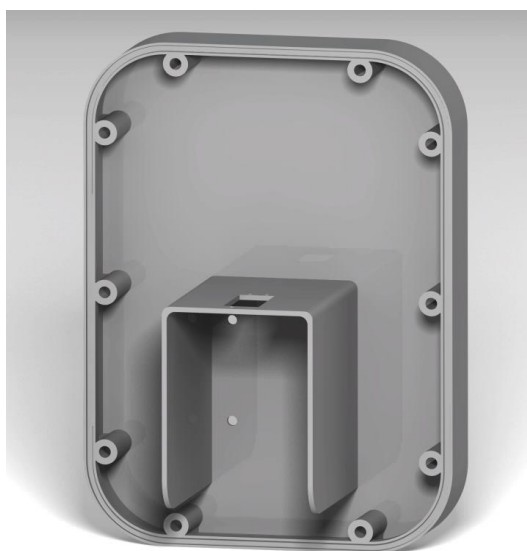
6.1 Plattform

Den främsta ändringen på plattformen sedan konceptvalet är dess generella utformning. I konceptvalet valdes att ta med vissa designelement från andra koncept, vilket möjliggjorde att hela enheten kunde göras mindre. Med de utstickande monteringsytorna fyller plattformen ut mer av kåpan och mindre volym går därmed oanvänd. Resultatet av detta blir att plattformen kan smalnats av, främst i höjddled, se *figur 6.2*. Plattformen mäter nu 300mm i höjd, 220mm i bredd och 40mm djup, med en allmän vägg tjocklek på 3mm. För fullständig måttsättning se *bilaga 1*.

Tätningen av enheten utförs dels med en så kallad elastomertätning i form av en o-ring, se *bilaga 6*, vilken finns tillgänglig som metervara och skärs till enligt behov. Vidare kan det vara ett alternativ vid större produktionsvolymen att skapa en tätning utan skarv som passar tvärsnittet. På den yta som tillsammans med kåpan förseglar enheten placeras en tunn skåra, vars bredd är större än dess djup. I denna skåra skall o-ringen placeras för tätning. Då enheten skall förseglas deformeras ringen i djupled samtidigt som den “flyter” ut i skårans breddriktning. De mest lämpade materialen för tätningen anses vara CR (Chloroprene Rubber) eller EPDM (Ethylene Propylene Diene Rubber), vilka båda väl tolererar utomhusmiljö med varierande temperaturer.

Trycket erhålls med en uppsättning skruvförband, som skruvas åt tills det att kontakt sker mellan kåpa och plattform. Skruvförbandet utgörs utav tio genomgående hål i plattformens ytterkanter och skruvas från enhetens baksida.

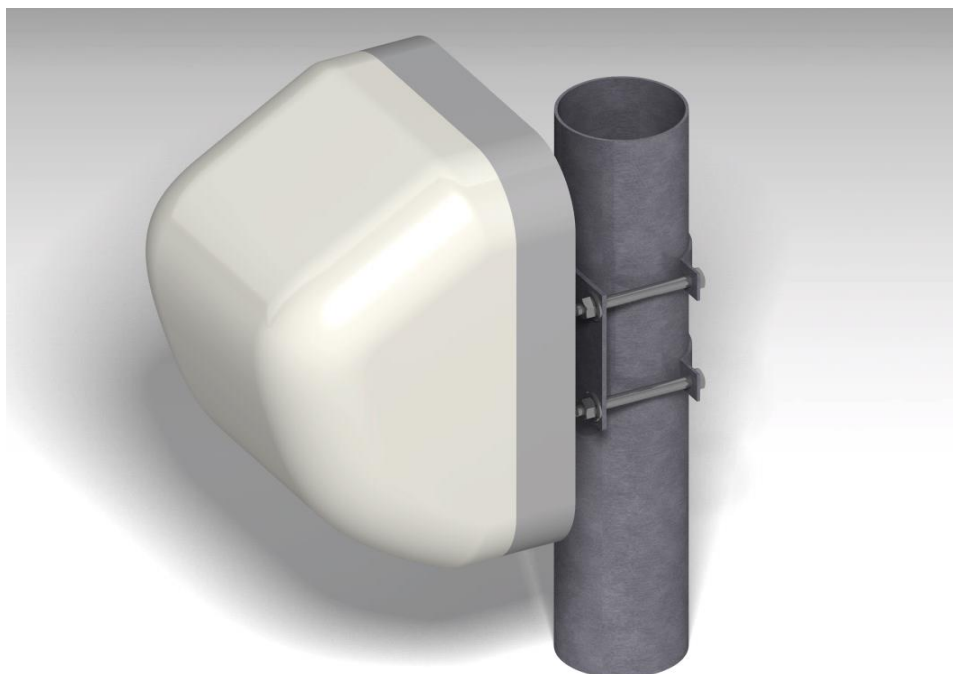
För att komplettera tätningen förses enheten med en ventil. Ventilens funktion är delvis att avlasta elastomertätningen genom att jämna ut trycket mellan insida och utsida, för mer information se *kapitel 2.6*. Denna placeras i plattformens underkant, undanömd från direkt regn. Det är också i underkanten som kablage till utomstående delar leds ut med en vattentät anslutning.



Figur 6.2: Rendering av plattform

6.2 Kåpa

Kåpan behåller i detta skede sin generella utformning från konceptvalet men har anpassats för att motsvara ändringarna i dimensioner gjorda på plattformen. Det slutgiltiga konceptet kommer ej att innehålla en solcell, ett val som grundas i ett flertal faktorer, delvis för att arean bedöms vara för liten. Se *figur 6.3* nedan för kåpans utformning, för fullständig måttsättning se *bilaga 2*.



Figur 6.3: Visar produktens utformning, kåpan illustrerad i vit färg.

6.3 Fäste

För att erbjuda montage på väggar, såväl som på rör, har ett fäste utvecklats som fungerar i de båda fallen. Fästet utgörs utav två delar, en platta där enheten fästs till, vilket kopplas samman med den platta som fästs mot vägg eller rör. Sammankopplingen mellan de två plattorna är utformad så att de går att vinkla i förhållande till varandra, vilket medför att hela enheten kan vinklas. Vinklningen sker via en skruv som kan löpa fritt i en urfräst cirkelbåge och låses med en mutter då den erforderliga vinkeln uppnåtts, *figur 5.12* i *kapitel 5.4*. Den maximala vinkeln som kan uppnås är 10° nedåt. Eftersom enheten har relativt liten tyngd ställer det inga större krav på fästets hållfasthet och därmed anses det inte nödvändigt att genomföra några simuleringar på lastfallet.

6.4 Mottagarenhet

Som nämnt tidigare avser mottagarenheten den del av enheten vilken innehåller de delar som skall detektera störsändare och utgör de komponenter som ingår i den roterande rörelsen.

6.4.1 Mottagare

Som mottagare har det med direktiv från Tor valts en RTL-SDR R820T2 RTL2832U. Denna typ av mottagare är en så kallad *software defined radio* där allt styrs elektroniskt, mer om detta finns i *kapitel 2.3*. Varför just denna mottagare har valts är att den är oerhört billig för den precision som erbjuds. Utöver dessa faktorer kommer enheten i en aluminiumförslutning som enkelt kan byggas kring. Se *figur 6.4* nedan.



Figur 6.4: RTL-SDR USB-dongle.

6.4.2 Antenn

För att upptäcka störsändare används i prototypen en typ av keramisk antenn, *433MHz ISM Antenna SMD*. Denna antenn är avsedd för signaler på 433 MHz vilket är en frekvens inom ISM-bandet. Antennen i sig är relativt liten vilket är önskvärt för att minimera det utrymme som behövs för att kunna utföra den roterande rörelsen. Detta är något som medför att enheten kan göras mer kompakt. Antennen mäter 25,00x5,00x1,20 [mm] (exklusive kontakt) med utformning enligt *figur 6.5*. Här skulle även andra typer antenner kunna användas för att täcka in olika frekvensband så länge det finns utrymme till dem. Generellt sett krymper dessa antenner med ökad frekvens.

Anledningen till att just denna antenn väljs för prototyp är att den ligger på en frekvens som omfattas av det licensfria ISM-bandet. Precis som nämnt tidigare i *kapitel 3.10.2* är det undantag från tillståndsplikt att sända mellan 432MHz - 438MHz begränsad effekt till 15mW. Något som är avgörande för prototypen då tester skall kunna utföras.



Figur 6.5: Keramisk antenn, observera att kontakten är längre än den som är tänkt att användas.

6.4.3 Hållare

I det slutgiltiga konceptet utförs en del ändringar från tidigare koncept. Dessa ändringar kommer ifrån verifieringen av hållaren för mottagarna vilken utfördes med hjälp av en 3D-utskrift av detaljen, beskrivet i *kapitel 8*. Den största ändringen som genomfördes var integrering av snäppfästet i hållaren och därmed en minskning av antalet delar som ingår i hållaren, se *figur 6.6*. Dessa har dessutom gjorts grövre, med måttsättning enligt *bilaga 3*. För att ge bättre frigång kring USB-kontakten har även de bakre hålen förstorats marginellt.

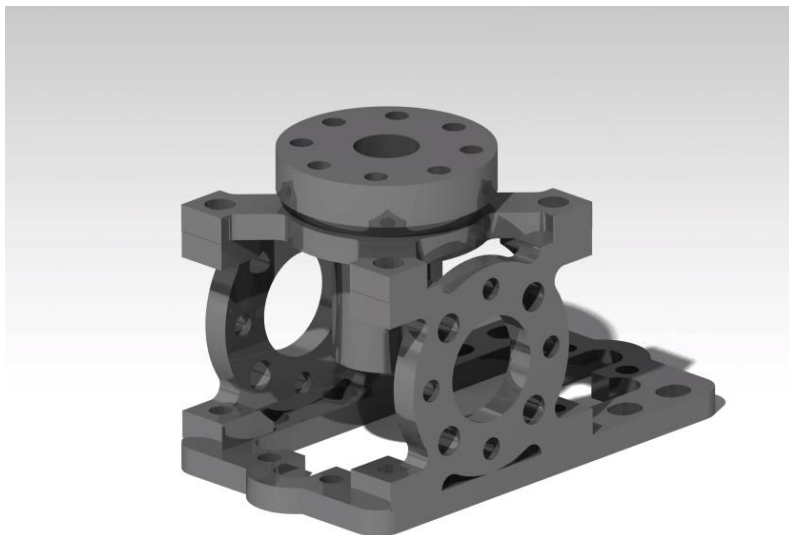
Antalet skruvhål för montering ansattes ursprungligen till åtta, då det är det antal som finns i monteringsytan på servoblocket. Detta bedömdes dock vara överflödigt och reducerades till endast fyra.



Figur 6.6: Den slutgiltiga mottagarenheten med tillhörande servoblock. Observera att sidoblocken är högre än för det tänkta servoblocket.

6.5 Drivenhet

För att minimera kostnaderna plockas drivenheten från katalog där servomotor väljs tillsammans med en tillsats för att avlasta servot. Redan innan konceptet utvecklades fattades beslutet att använda ett servoblock. Detta består av en utgående axel, ett axelnav, två sidoplatlor och slutligen en platta för att koppla blocket till servot, se *figur 6.7*. Med det valda blocket går det även att bygga på ytterligare en rotationsriktning om behov finns.



Figur 6.7: Rendering av ServoBlock (24T Spline). Modell av ServoCity (u.å). Patented – Robotzone, LLC

Valet av servomotor beror slutligen på kostnad och livslängd. Dessa två faktorer är ofta proportionella, där en längre livslängd resulterar i ett dyrare servo. Ingen servomotor har utsetts till slutprodukten då livslängden av hela enheten ännu inte är fastställd.

6.6 Styrenhet

Som styrenhet för konceptet valdes en enchipsdator av typen *Raspberry pi*, mer specifikt en *Raspberry pi 2 model B*. Till styrenheten behövs även en så kallad *ProtoShield*, vilken kopplas till datorn. En *ProtoShield* möjliggör skapandet av fler kretsar vilket kommer vara nödvändigt bland annat då servomotorn skall kopplas till datorn. Denna enhet, som nämnt tidigare, kommer att bearbeta den data som erhålls via mottagarna samt kontrollera drivningen. Anledningen till att *Raspberry pi* väljs är för dess kraftfulla processor och för att *Linux* kan användas som operativsystem. Något som möjliggör användandet av många mjukvaror. Datorn har dessutom en låg kostnad och ger de gränssnitt som behövs för att koppla den samman med mottagarna.

7. Material och processval

I detta kapitel beskrivs urvalsprocessen för att välja material och tillverkningsmetod på de delar som projektet har framställt.

7.1 Kåpa och plattform

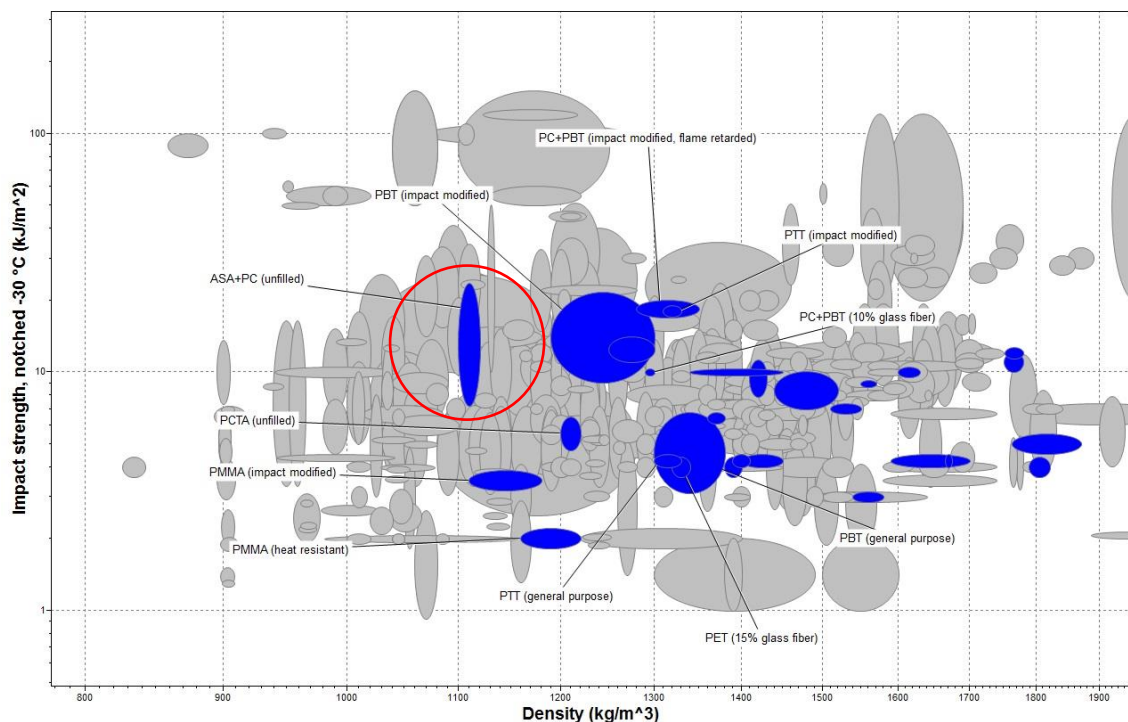
För att undvika problem med termisk expansion som i sin tur kan påverka tätningen används samma material för kåpa och plattform. Kåpan är styrande för materialvalet då denna riskerar att vara mer utsatt för fysiskt våld. Produkten avses att tillverkas i relativt stor mängd och har en viss komplexitet. Detta medför att formsprutning är den enda rimliga tillverkningsmetoden och därför sätts detta som krav då materialvalet utförs. Temperaturen 80°C väljs för att det tidigare kravet i kravspecifikationen på 65°C endast gäller för omgivande temperatur och höljet antas utsättas för högre temperatur på grund av strålningsvärme. Material som ej uppnår nedan listade krav sällas bort och därefter jämförs de kvarstående materialen.

- Funktion:
 - *Skydda komponenter mot väder och våld.*
- Krav:
 - *Ej konduktivt.* För säkerställa att det ej stör mottagarens funktion.
 - *Tåla varierande temperatur, mellan -40°C och +80°C.* För del för material med högre värmeterolerans.
 - *Tåla UV-strålning.* Materialet skall kunna utsättas för långa exponeringstider av UV-strålning.
 - *Tåla vatten, både salt- och sötvatten.* För att tåla utomhusmiljö.
 - *Slagtåligt, även vid lägre temperaturer.* För att skydda komponenterna innanför kåpan mot trubbigt våld.
 - *Kostnad lägre än 50kr/kg.*
 - *Kunna formsprutas.* Då det är den enda rimliga tillverkningsmetoden för stora volymer.
 - *Återvinningsbart.*
- Mål:
 - *Minimera kostnad.*
 - *Minimera vikt.*
 - *Maximera slagtlighet.*
- Fri variabel:
 - *Tvärnitt.*

Resultatet av materialvalet med kraven enligt ovan samt optimering på slagtlighet och låg densitet är att tre material sticker ut från mängden. Dessa är ASA+PC (en blandning av sampolymeren Akryl-Styren-Akrylnitril och polykarbonat), PCTA (copolyester) och PBT impact modified (polybutentereftalat).

För att uppnå god slagtlighet antas två materialegenskaper vara viktiga, slagseghet (impact strength) och brottseghet (fracture toughness). Slagseghet har valts för låga temperaturer och med anvisning (*notched -30°C*) för att försäkra att materialet även kan hantera dessa bra. För att väva in låg vikt plottas dessa egenskaper mot densiteten hos respektive material. I *figur 7.1* presenteras den *specifika* slagsegheten. Grafer från materialvalet presenteras i *bilaga 4* respektive *bilaga 5*. Då densitet skall minimeras och den materialegenskap som placeras på den vertikala axeln skall maximeras medför det att de bästa materialen hamnar längst upp till vänster i grafen. Se *figur 7.1* nedan för en av de båda graferna.

De tre materialen som visar sig sticka ut i grafen är som ovan nämnt ASA+PC, PCTA och PBT. Sett till dokumentationen av typiska användningsområden för dessa material visar sig ASA+PC och PBT användas för liknande tillämpningar och används ofta i utomhusmiljö vilket talar starkt för att dessa är lämpliga material. ASA+PC väljs dock då det sticker ut som det bästa materialet i bägge grafer och sett till pris är det dessutom ingen större skillnad.



Figur 7.1: Här plottas specifika slagsegheten för materialen, ASA+PC markerat i rött.

7.2 Hållare

För materialvalet till hållaren för mottagarna sållas material bort med nedan listade krav och deras prestanda jämförs med hjälp av målen. Varför en högre temperatur än den i kravspecifikationen väljs är för att sålla bort material som ligger i gränslandet kring 65°C. Observera att materialvalet endast utförs på större materialgrupper och inte specifika material inom grupperna som presenteras. En del av kraven är samma som de som användes i *kap 7.1* och väljs således med samma resonemang.

- Funktion:
 - *Hålla mottagare på plats.*
- Krav:
 - *Ej konduktivt.*
 - *Tåla temperaturer mellan -40°C och +80°C.*
 - *Klara böjning för snäppfäste. (Strain >10%).*
 - *“Tillräckligt” styvt för att hålla mottagare.*
 - *Kunna formsprutas.*
 - *Återvinningsbart.*
- Mål:
 - *Minimera kostnad.*
 - *Minimera vikt.*
 - *Maximera styvhet.*
- Fri variabel:
 - *Tvärsnitt.*

Med alla krav enligt ovan och optimering på specifik styvhet (styvhet genom densitet) ger det att följande material är rimliga.

- *ABS - Akrylnitril-Butadien-Styren*
- *PET - Polyetentereftalat*
- *PP - Polypropen*
- *PVC - Polyvinylklorid*

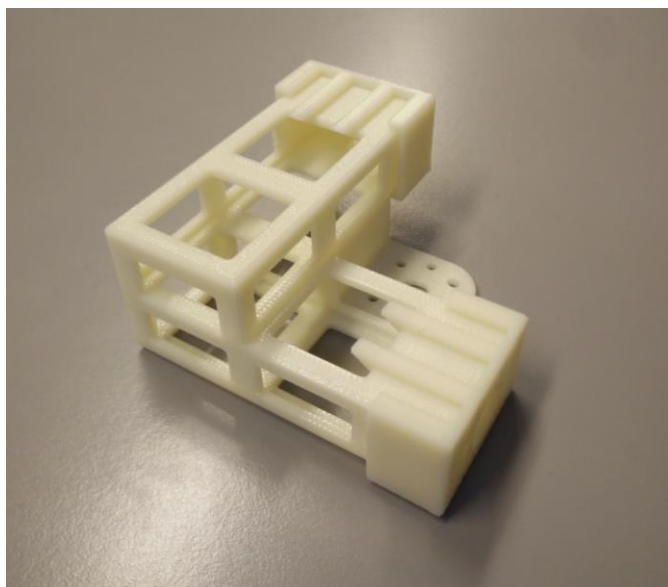
I dokumentationen för dessa material framgår bland annat typiska användningsområden. Sett till dessa visar sig ABS och PP lämpa sig väl för denna typ av tillämpning. Jämförs dessa visar sig PP vara bättre då det klarar högre temperaturer samt är både billigare och har lägre densitet än ABS.

8. Verifiering

För prototypframtagningen fattades beslutet att endast fokusera på ett delsystem. Detta delsystem var *mottagarenheten*. Hållaren valdes främst för att det är den viktigaste delen rent funktionsmässigt för produkten. Vidare skulle det även vara givande att utföra tester på produkten som helhet. Dock finns det ej möjlighet att framställa prototyp på varken kåpa eller plattform, främst på grund av att delarna är för stora för 3D-utskrift. Här skulle det kunna tänkas att framställa kåpan eller plattformen via 3D-utskrift i ett flertal delar som sedan fogas samman. Då den testning som kan vara relevant för dessa komponenter är tätning och skydd mot våld ställs skarpa krav på material och hållfasthet. Av dessa skäl ansågs det endast lämpligt att verifiera mottagarenheten i detta skede.

8.1 Förberedande

Till verifieringen behövdes en del förarbete genomföras, dels vad det gäller 3D-modellen och dess måttsättning men också vad det gällde de komponenter som skulle användas. För CAD-modellerna behövdes vissa enkla ändringar utföras för de mått kring delar som skulle passas ihop med andra. Här kan alltså inte nominella mått användas utan ett godtyckligt spel på 0,2mm lades på vid vardera sida av mottagaren samt mellan hållare och lock. Se *figur 8.1* för den hållare som användes vid verifiering.



Figur 8.1: 3D-utskrift på hållaren av mottagarna.

För att driva rörelsen hos funktionsprototypen införskaffades det servoblock som nämns i *kapitel 6.5*, samt en servomotor med nylonkuggar (*HS-425BB från Hitech*). Denna servomotor motsvarar nödvändigtvis inte den motor som skall finnas i den slutgiltiga produkten utan valdes för att minimera kostnader i funktionsprototypen. Eftersom inga av de tester som utförs har någon relation till servomotorns livslängd eller styrka betraktas detta som en rimlig besparing.

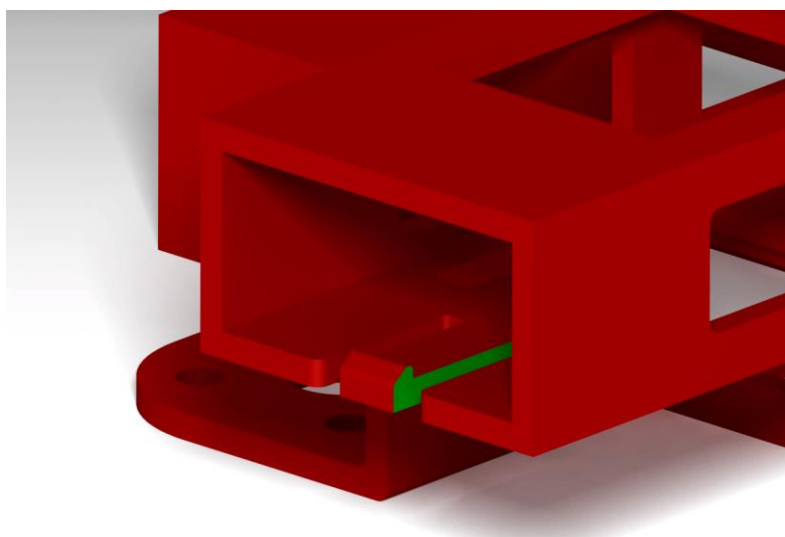
8.2 Utförande

Verifieringen av konceptet för hållaren utförs i två steg. Först genom att testa hur väl enheten håller mottagarna på plats. Dels genom dess generella passform men också via snäppfästena. Vid test av passformen kan det obesveras att mottagarna kan föras in utan problem. Väl på plats fanns ett minimalt spel mellan hållare och mottagare. Även locken gick mycket bra att montera och de hade dessutom god passform. Dock gick de båda snäppfästena av vid borttagning. Något som antas ha att göra med det faktum att dessa är 3D-utskrivna, vilket medför sämre hållfasthet. Ett problem som troligtvis inte skulle uppstå vid tillverkning med rätt metod och material. Vidare noterades även att USB-kontakterna som användes under testerna inte fick plats i de hål som finns i enhetens bakre ände.

För att verifiera konceptet som helhet, utfördes praktiska tester kring detektion och rotation. Verifieringen genomfördes med en signalkälla som simulerade en störsändare på cirka 30 meters avstånd. Sändaren hade 10mW och med 433 MHz som frekvens vilket är inom ramen för tillståndsfri radiosändning, mer om detta i *kapitel 3.10.2*. Rörelsen av mottagarenheten styrs manuellt med den servomotor som nämnts ovan. Genom att mäta upp signalen kan tydliga maximum och minimum tydas då enheten roteras, även med den relativt låga upplösningen hos servomotorn. Testerna utfördes med utrustning enligt *bilaga 7*.

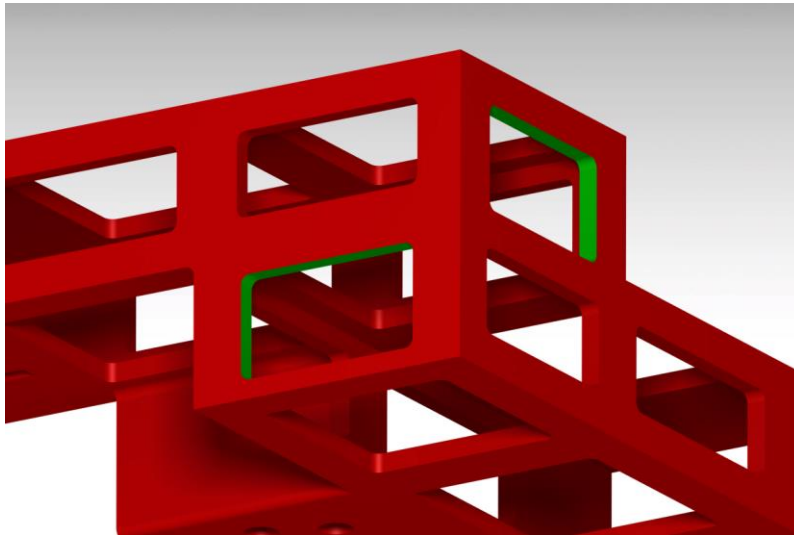
8.3 Modifikationer

Den första prototypen visade på att locket var överflödigt då mottagaren hade så pass god passform. För att eliminera locket men ändå behålla en låsfunktion integrerades lösningen med snäppfäste i själva hållaren. Fästet håller mottagaren i framkant och förhindrar att denna glider ur hållaren, se *figur 8.2*. Detta förenklar produkten då en del eliminerats vilket i slutändan resulterar i enklare montage och lägre produktionskostnad. Detta snäppfäste modellerades grövre än de tidigare för att det skall vara mer robust.



Figur 8.2: Ändringarna på fäste till mottagarna, markerat med grönt.

Av praktiska skäl har även de bakre hålen för USB-utgångarna förstörats för att ge plats för även bredare kontakter, se *figur 8.3*. Slutligen avskaffades de kosmetiska radiella övergångarna på hållarens utsida som ej anses tillföra något.



Figur 8.3: Ändringar på hålen för mottagarnas USB-kontakter, markerat med grönt.

Efter att dessa ändringar hade genomförts framställdes ytterligare en prototyp för att verifiera dem. Prototypen likt den andra hade väldigt god passform och de problemområden som den tidigare prototypen hade var nu borta. Det nya snäppfästet fungerade bra och höll även vid borttagning av mottagarna.

9. Diskussion

Under detta kapitel diskuteras frågeställningar och avvägningar som har dykt upp under projektets gång.

En tanke som väcktes under arbetets gång var mer exakt hur svepningen av mottagarenheten skall fungera. Från början av projektet var tanken att enheten skulle svepa kontinuerligt över sitt vinkelspann och aktivt söka efter störsändare, något som senare uppfattades som onödigt. Istället skulle mottagarenheten stå stilla då ingen signal från störsändare registreras. Först när en signal upptäcks skall enheten börja rotera för att avgöra varifrån signalen kommer. Denna ändring skulle innebära en drastisk minskning av tiden som servot befinner sig i arbete och således minska påfrestningarna på det. Resultatet av denna ändring möjliggör antingen att potentiellt öka enhetens livslängd eller att en billigare servomotor kan väljas.

Sett till det tidigare nämnda tillägget av solcell kan det kommenteras att detta eventuellt kan vara mer relevant då enheten inte sveper konstant. En mer passiv detektion skulle innebära en lägre energiåtgång då servot inte behöver arbeta konstant. Solcellen är således en intressant komponent som kan vara aktuell att utreda mer. Om den faktiskt är tillräcklig energimässigt kan den i så fall vara ett potentiellt tillval hos produkten. I nuläget bedöms dock solcellen ej tillföra tillräckligt kundvärde för den ökande kostnaden.

För vidareutveckling av produkten kan ytterligare en rotationsriktning vara av intresse eftersom den skulle tillåta positionering av störsändaren i rummet. Det vill säga hur långt från enheten den befinner sig, något som möjligtvis kräver att enheten sitter på en högre höjd än sändaren. Med den befintliga lösningen går det relativt enkelt att utöka med den extra rotationsriktningen. Servoblocken kan kopplas samman via utgående axel och sidorna av blocket. Vad som istället är den begränsande faktorn är utrymmet hos plattformen och kåpan.

Då en ytterligare vertikal rotation läggs till blir vinklingen på fästet överflödigt då detta kan ske med servots rörelse istället. Om det vinklingsbara fästet i så fall är nödvändigt eller ej beror till stor del på hur smal riktningsverkan är hos antennen.

Det kan kommenteras att enhet som bara detekterar och ej positionsbestämmer hade kunnat vara väl tillräcklig för många tillämpningar. Men med förmågan att kunna positionsbestämma har produkten möjligtvis mer avskräckande potential. Detta eftersom positioneringen kan utnyttjas av direkta motmedel i form av exempelvis en strålkastare som tänds i riktning mot störsändaren.

10. Slutsats

Precis enligt projektets beskrivning har ett koncept utvecklats och delvis verifierats för en produkt, vars uppgift är att detektera och lokalisera störsändare. Konceptet beskriver utformningen av produkten, dess ingående komponenter och hur detektion samt lokalisering skall utföras. Konceptet kan betraktas som en bas för vidareutveckling för den produkt som detta projekt avser, eller till liknande applikationer där en sändare skall lokaliseras.

10.1 Utvärdering av resultatet

Från verifieringen bedöms det fungera väl att använda en RC-servomotor som bas för drivningen i enheten. För den relativt låga kostnaden erhålls nog styrka för att driva rotationen samt ge det vinkelspann som enheten behöver. Vad som delvis kommer att avgöra precisionen av positionsbestämningen är upplösningen av servot, alltså hur liten vinkeländring som erhålls mellan två lägen. Testerna visade dock på att en servomotor med relativt låg upplösning (relativt stor vinkeländring per steg) fungerade väl. Detta gav tillräckligt god noggrannhet för utslag av maximum och minimum för antennen på det givna avståndet.

Då fokus varit på kostnadseffektiv hårdvara och enkel utformning av övriga komponenter medför det således att den totala kostnaden skulle bli relativt låg. Ingen kostnadsanalys har utförts och det går ej att kommentera något om ett pris mot kund då tillverkningskostnaden skulle vara högst spekulativ. Kostnaden för att utveckla mjukvara har dessutom ej betraktats. Med det verkar dock rimligt att denna produkt skulle kunna kommersialiseras till ett attraktivt pris mot slutkund.

10.2 Resultatets trovärdighet

Resultatets trovärdighet har till stor del att göra med produktutvecklingsprocessen och de metoder som har tillämpats under projektets gång. Vidare är även verifieringen och den metodik som användes där en bidragande faktor till resultatets trovärdighet.

De metoder som har tillämpats betraktas som relevanta för det projekt som har utförts. Många av de metoder som använts finns för att bygga förståelse kring produkten och hur den skall tänkas fungera. Något som har betraktats som givande både för projektgruppens och läsarens förståelse.

En metod som saknades från processen var att undersöka ifall produkten har någon grund till att överhuvudtaget skapas. Det kunde ha varit givande att utföra en marknadsundersökning för att se hur den potentiella marknaden för produkten faktiskt ser ut. Även om det bör finnas ett intresse för produkten betyder inte det nödvändigtvis att de potentiella kunderna ser behovet av den. Men det faktum att detta ämne mer och mer kommer till ytan tyder dock på att produkten ligger rätt i tiden, något som styrks av de artiklar som dykt upp under arbetets gång.

Resultatet från konceptgenereringen kunde troligtvis ha bidragit till ett större utfall av koncept ifall det ej hade valts att tidigt begränsa arbetet på en typ av lösning. Detta kan möjligtvis ha resulterat i att bra lösningar på hur delsystemen skulle utformas gått förlorade. Idégenereringen utfördes också till stor del tillsammans i projektgruppen vilket även kan ha påverkat lösningsförslagets mångfald negativt.

Vidare var vissa parametrar av veriferingen inte upp till förväntan. Dels genomfördes testerna för detektion endast med en mottagare, vilket inte verifierade att maxima och minima kunde avläsas i samma läge för den givna mottagarenheten. Styrningen av rotationen kunde inte heller utföras med den programvara slutprodukten kan tänkas använda. Något som sänker noggrannheten av testerna då rotationen kontrollerades manuellt. Alla dessa faktorer påverkar veriferingens trovärdighet negativt. Utöver detta hade en verifisering av produkten som helhet vara givande för trovärdigheten av projektets resultat.

10.3 Rekommendationer till fortsatt arbete

Innan projektet kan kommersialiseras är det ett flertal faktorer som behöver studeras vidare. Först och främst behöver det verifieras att värmeutvecklingen innanför höljet ej blir för hög samt att detta skyddar komponenterna tillräckligt bra. Utöver detta behöver den mjukvara utvecklas som ger produkten möjlighet att agera autonomt och bearbeta den insamlade informationen. Sedan behöver även tester genomföras på GSM-bandet, vilket måste ske i en sluten miljö där inget riskeras att störas ut.

Livslängden hos produkten är också ett avgörande område och den komponent som bedöms vara dimensionerande är servomotorn. Det är därför viktigt att göra tester där långa drifttider tillsammans med varierande temperaturer utförs.

10.4 Erfarenheter

I projektet insågs bland annat vikten av att tidigt studera problemet och att samla in så mycket information om det som möjligt. Det var ofta tidigt i processen som många av de viktiga besluten fattades och därmed formade arbetet.

En av de erfarenheter som projektet bidragit till är att arbeta med produktutveckling inom ett främmande område. Detta har ställt krav på att kunna kommunicera och till viss del arbeta parallellt med de elektrotekniska områdena. Även om detta arbete främst har fokuserat på produktens helhet och behandlat de elektriska komponenterna som block har en viss förståelse behövts skapas. Dessutom har diskussioner med uppdragsgivaren som har en elektroteknisk bakgrund varit givande då det har bidragit till nya infallsvinklar för projektet.

Referenser

Ashby, M. Shercliff, H. Cebon, D. (2014) *Materials: engineering, science, processing and design*, 3rd edition. Elsevier Ltd

GORE (2017) *FAQ for GORE Protective Vents*.

Hämtat från GORE resources:

<https://www.gore.com/resources/faq-for-gore-protective-vents> (20 feb. 2017)

Johannesson, H., Persson, J.-G. & Pettersson D. (2013) *Produktutveckling - Effektiva metoder för konstruktion och design*. Andra upplagan. Stockholm: Liber AB

Johanson Technology, Inc (2016) *433 MHz ISM Antenna SMD*, Sida 4.

Hämtat från Johanson technology inc RF antennas:

<https://www.johansontechnology.com/datasheets/antennas/0433AT62A0020.pdf>
(26 april 2017)

Kjell (2017) *Mobilnäten - Mobil kommunikation*

Hämtat från Kjell.com - Kunskapsbank: <https://www.kjell.com/se/fraga-kjell/hur-funkar-det/mobilt/mobil-kommunikation/mobilnaten> (18 maj 2017)

Mägi, M., Melkersson, K. (2016) *Lärobok i maskinelement*. Göteborg: EcoDev International AB

Polisen (2017) *Stöld av bil och bildelar - Skydda dig mot brott*.

Hämtat från Polisen: <https://polisen.se/Utsatt-for-brott/Skydda-dig-mot-brott/Stold-och-inbrott/Bil/> (2 april 2017)

Post- och telestyrelsen [PTS] (2015) *Post- och telestyrelsen allmänna råd (PTSFS 2015:3) om den svenska frekvensplanen*. Sida 48.

Hämtat från Post- och telestyrelsen - föreskrifter:

http://www.pts.se/upload/Foreskrifter/Radio/PTSFS-2015_3-allmanna-rad-frekvensplanen.pdf (22 maj 2017)

Riksdagen (2003) *Lag (2003:389) om elektronisk kommunikation*

Hämtat från Riksdagen - dokument & lagar:

http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/lag-2003389-om-elektronisk-kommunikation_sfs-2003-389
(22 maj 2017)

RTL-SDR.COM (utan årtal) *About RTL-SDR*.

Hämtat från rtl-sdr.com: <http://www.rtl-sdr.com/about-rtl-sdr/> (18 maj 2017)

SP Sveriges tekniska forskningsinstitut (2017) *IP-klassning*.

Hämtat från SP Sverige tekniska forskningsinstitut:

<https://www.sp.se/sv/index/services/ip/Sidor/default.aspx> (2 mars 2017)

ServoCity (2016) *What is a servo?*

Hämtat från ServoCity: <https://www.servocity.com/what-is-a-servo> (20 feb. 2017)

ServoCity (u.å.) *Standard Plain Shaft ServoBlock™ (24T Spline)*

Hämtat från ServoCity: <https://www.servocity.com/637114> (26 maj. 2017)

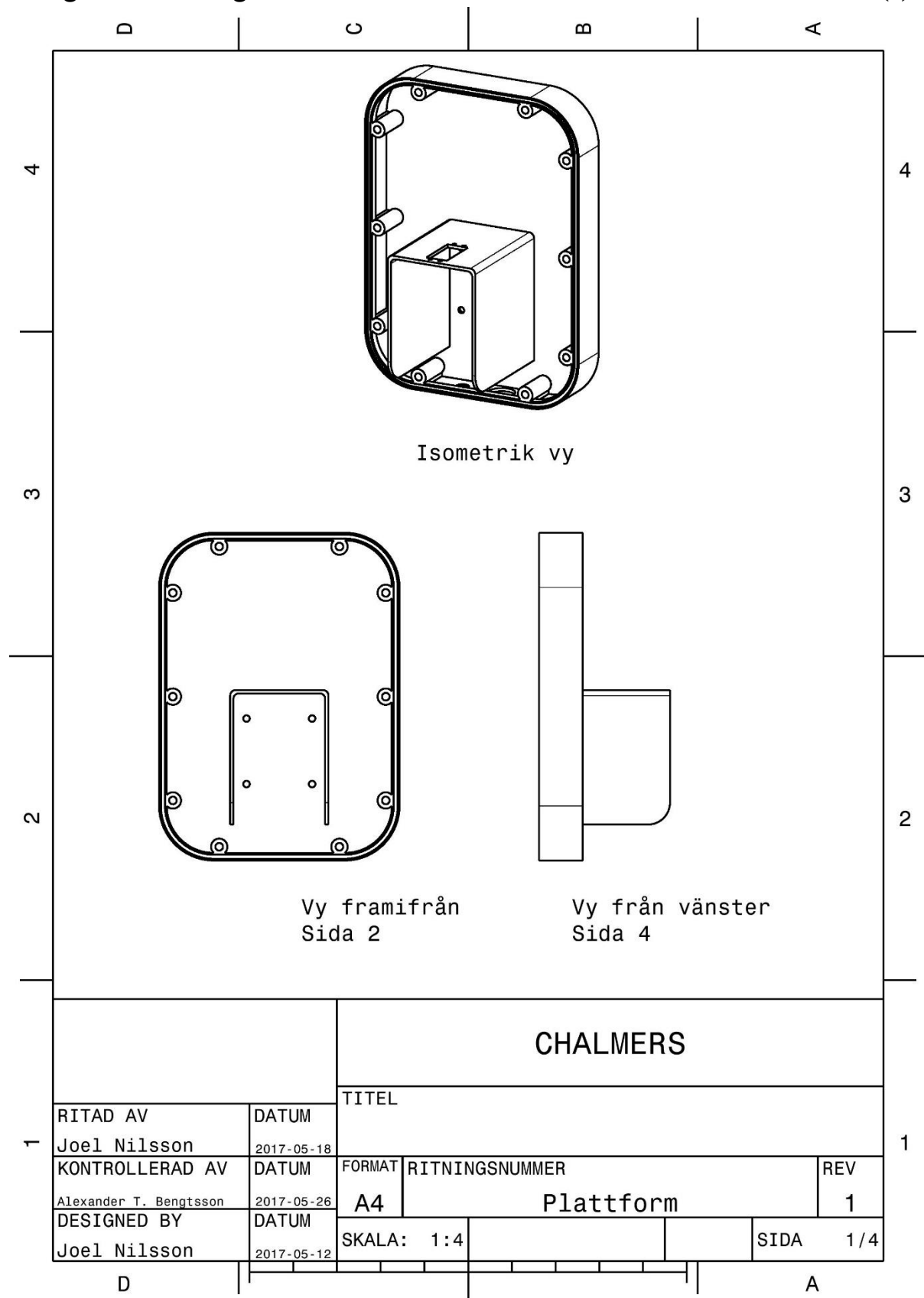
Telekområdgivarna (2016). *Vilka nät finns det?*

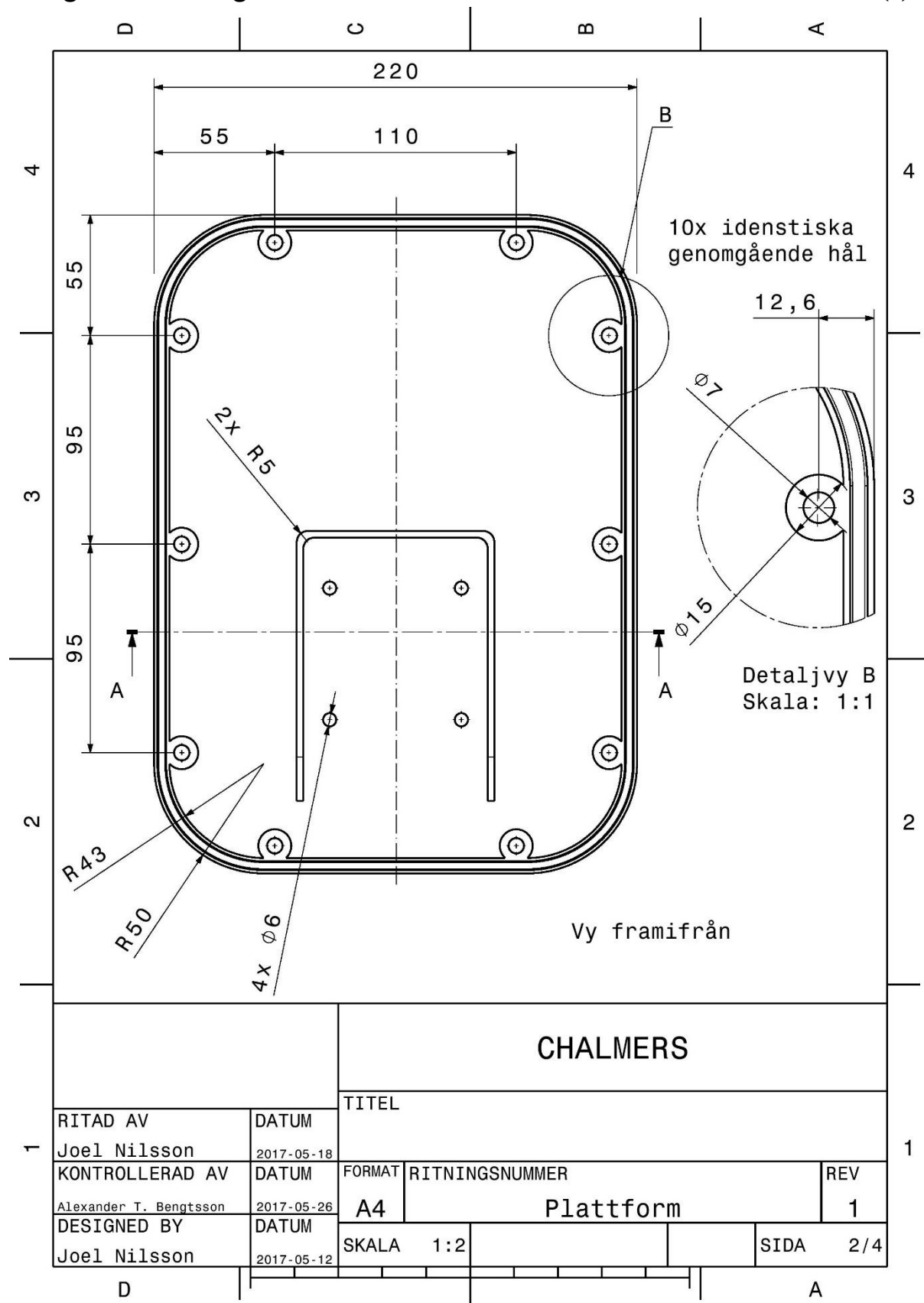
Hämtat från Telekområdgivarna - Kunskapsbank:

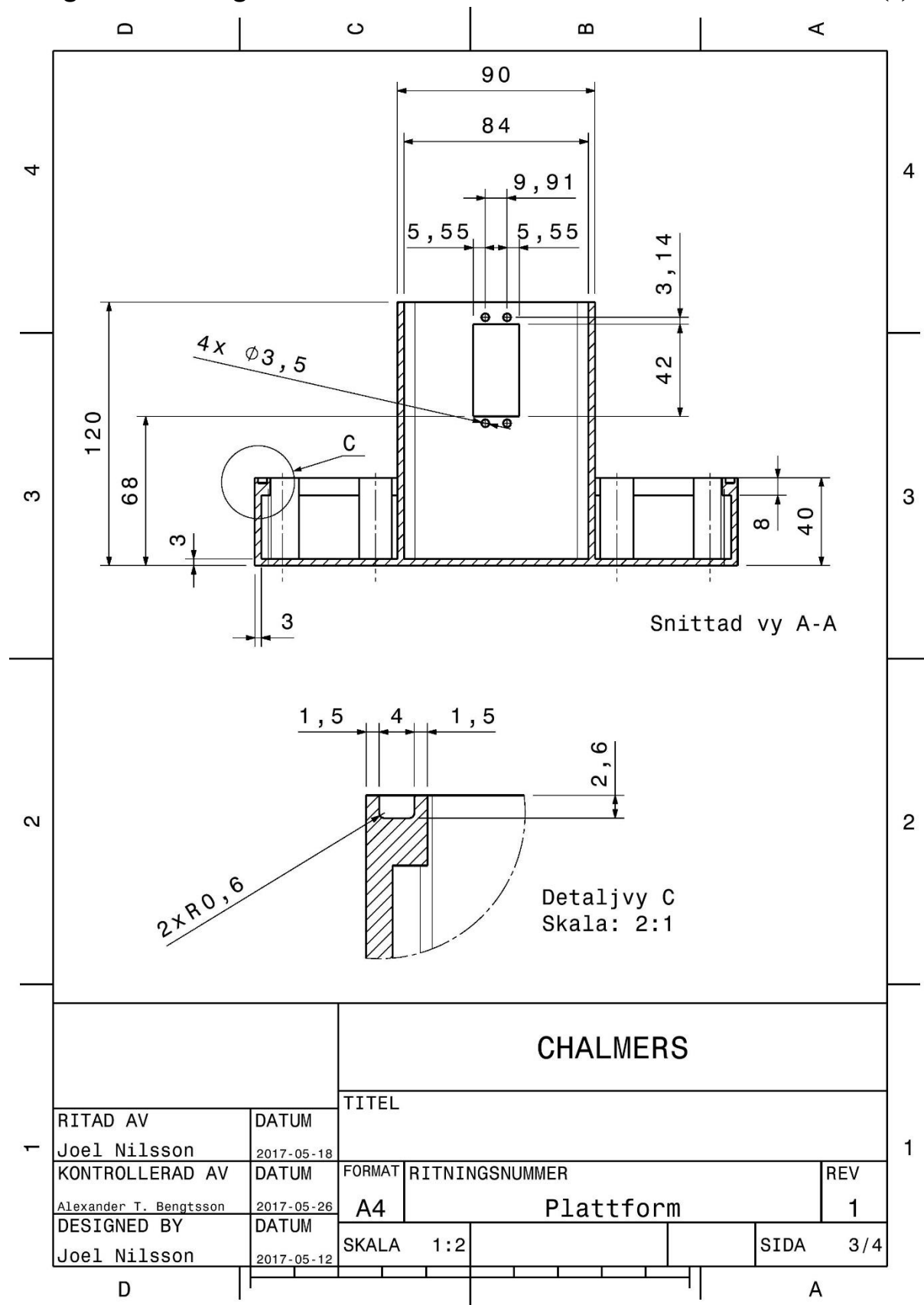
<https://telekomradgivarna.se/kunskapsbank/nat/> (18 maj 2017)

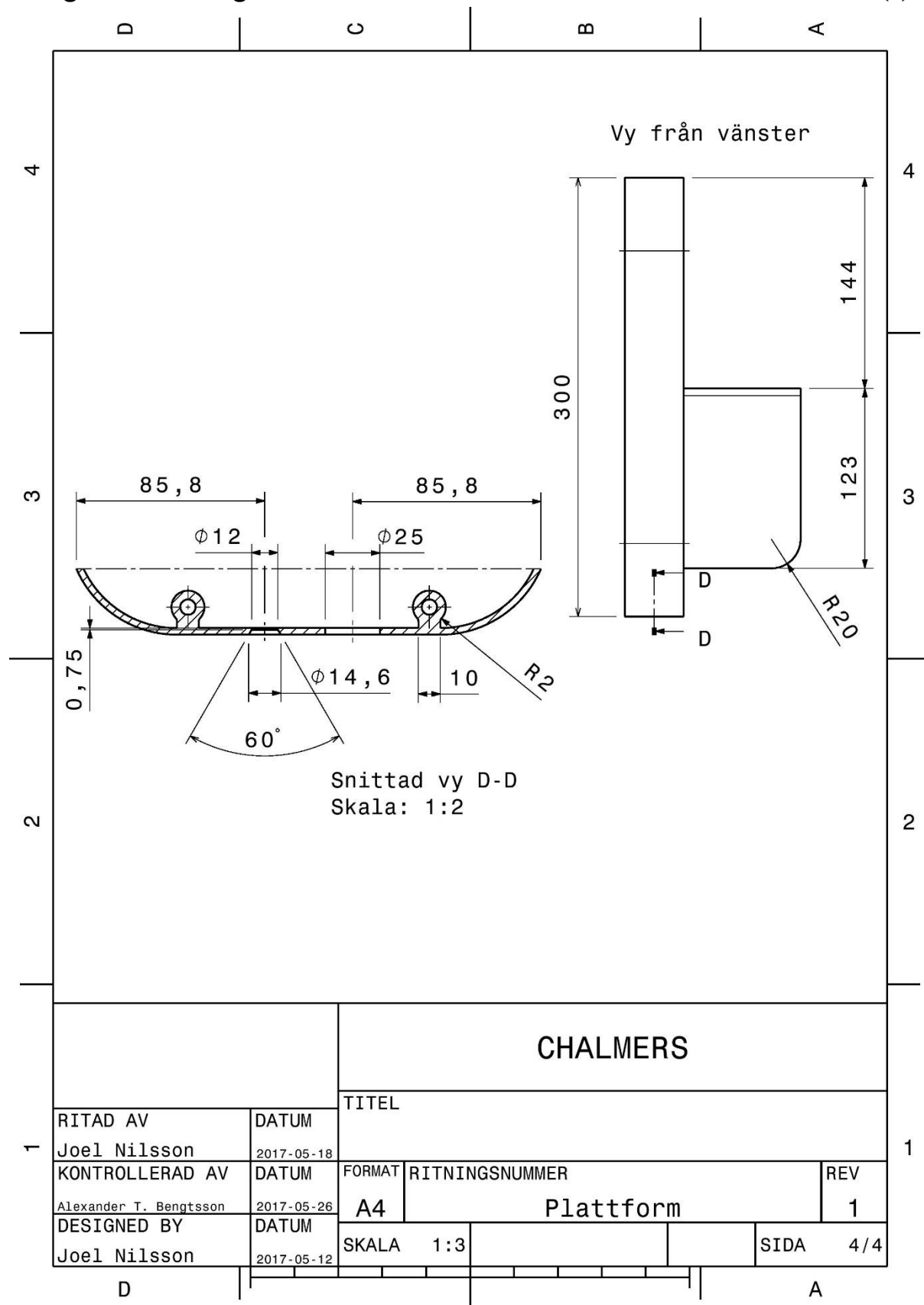
Wollenhaupt, G. (2005) *How cell phone jammers work*.

Hämtat från How stuff works - electronics: <http://electronics.howstuffworks.com/cell-phone-jammer.htm> (15 feb. 2017)



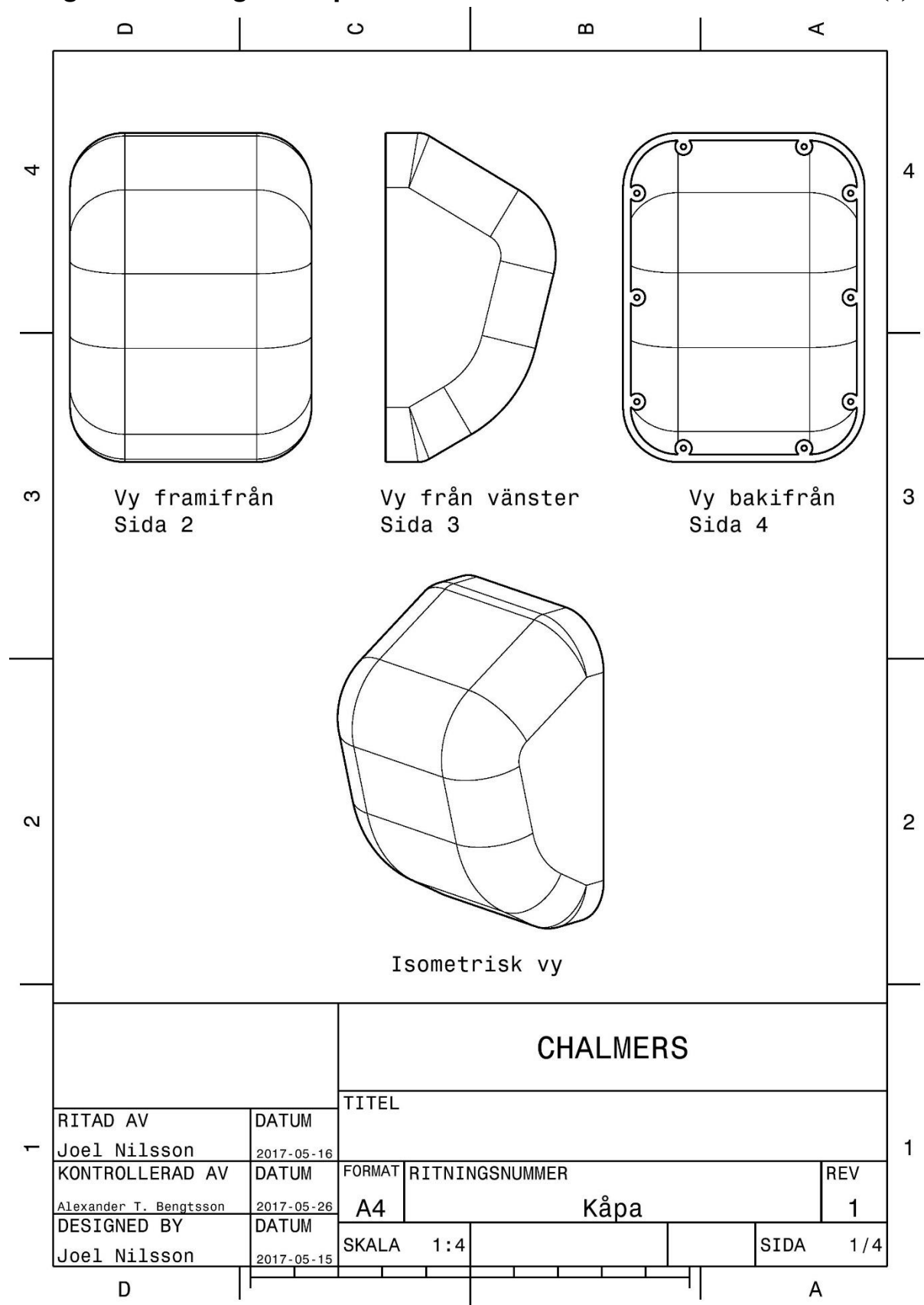


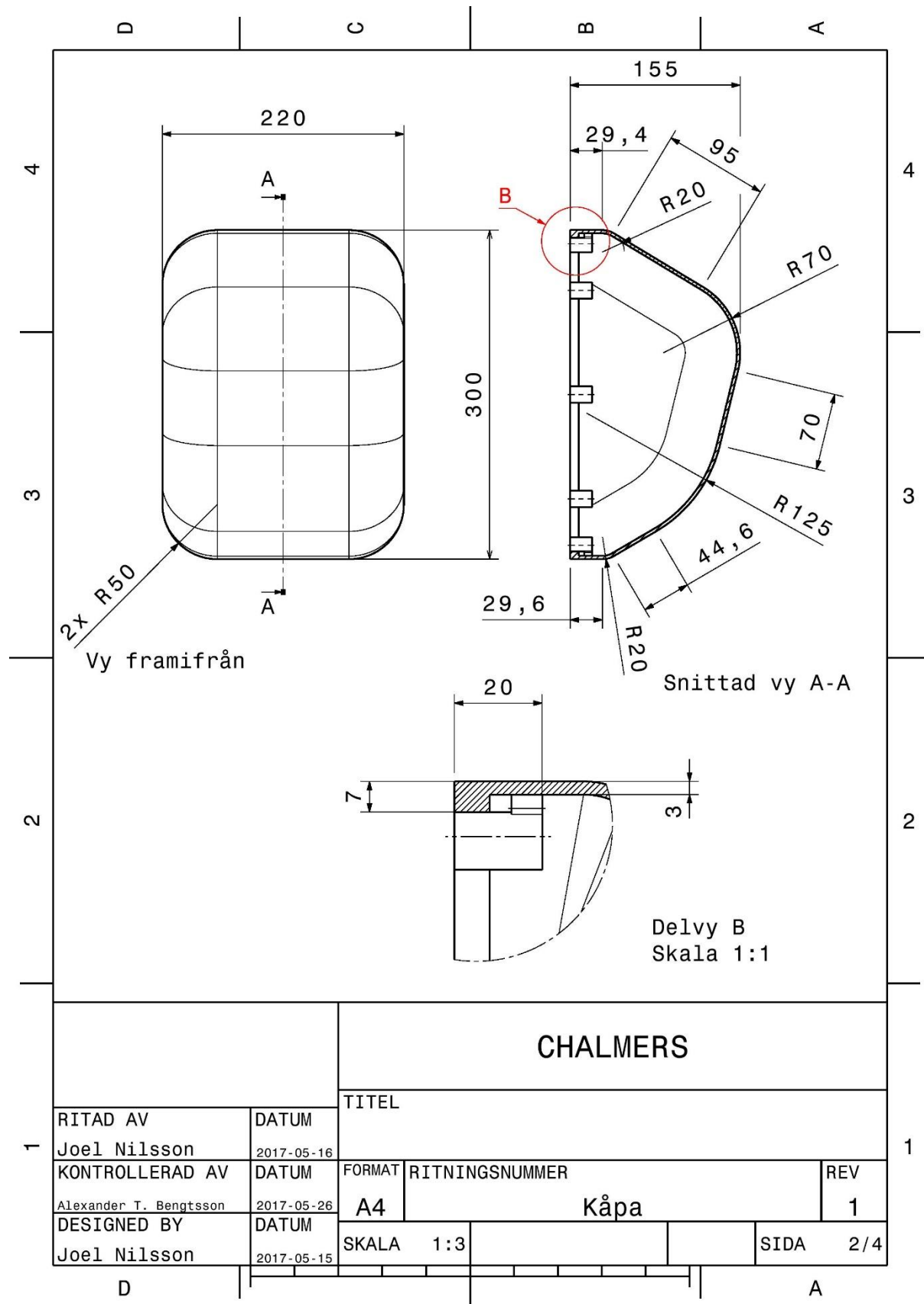


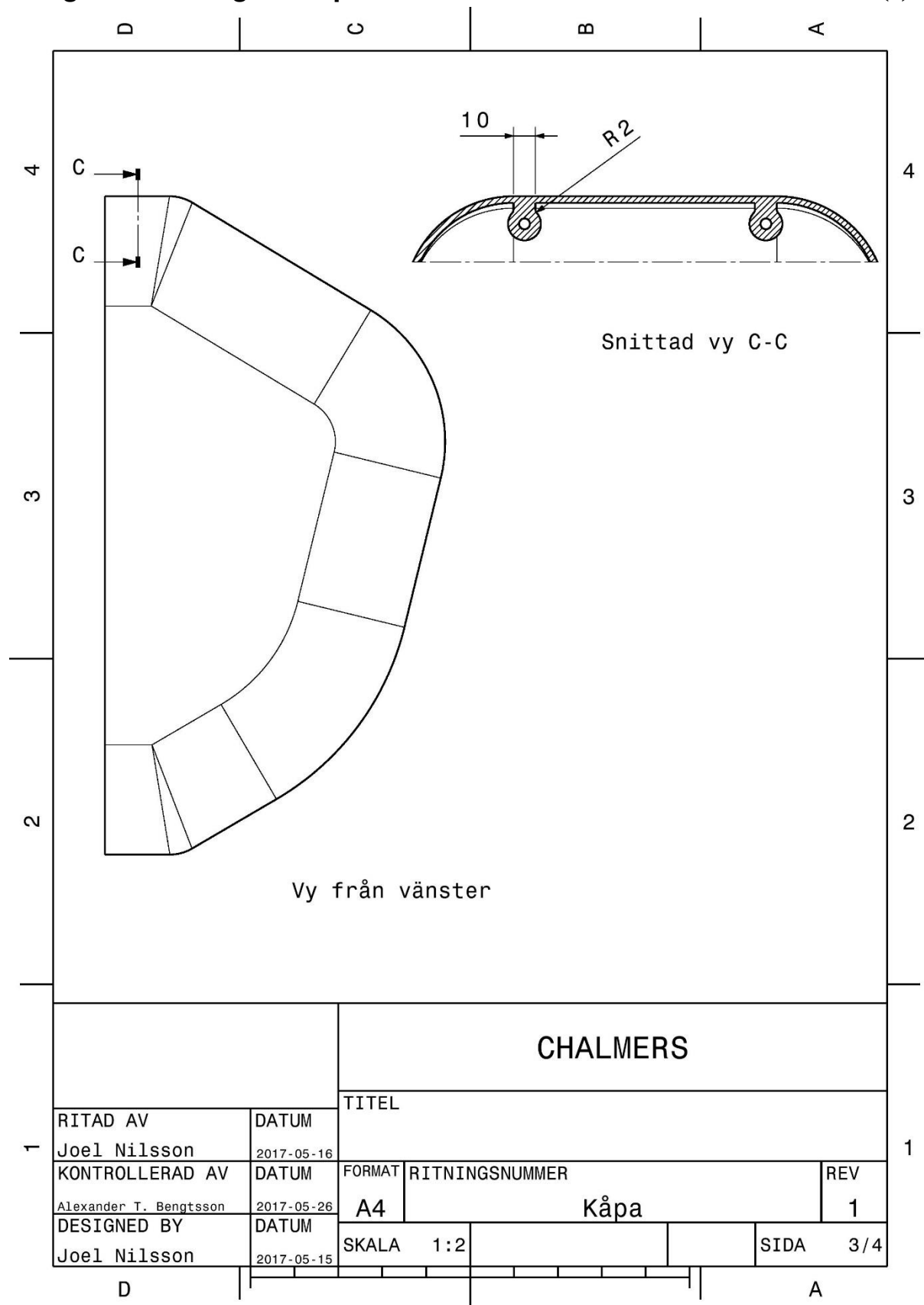


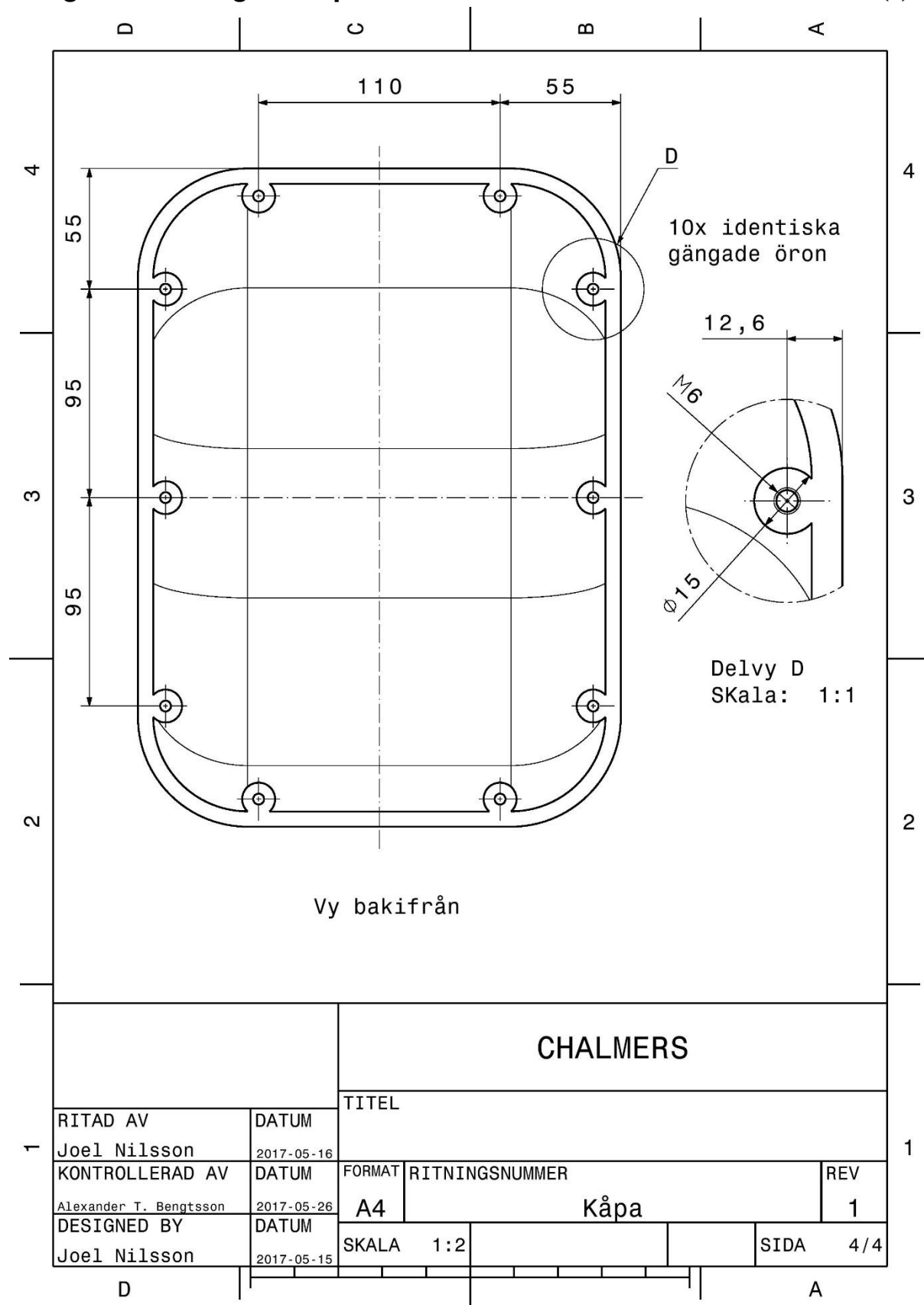
Bilaga 2 – Ritning av Kåpa

Sida 1(4)



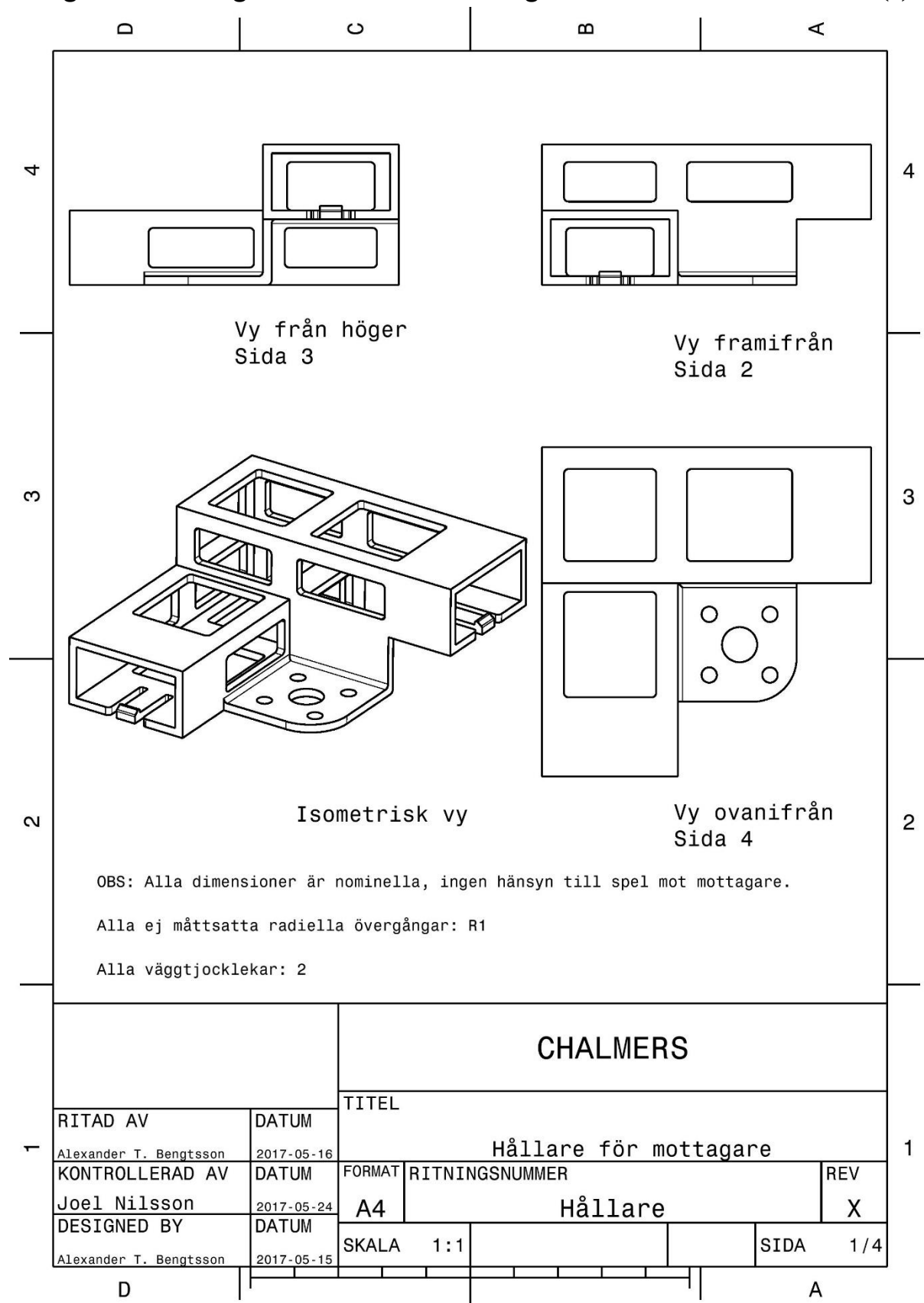


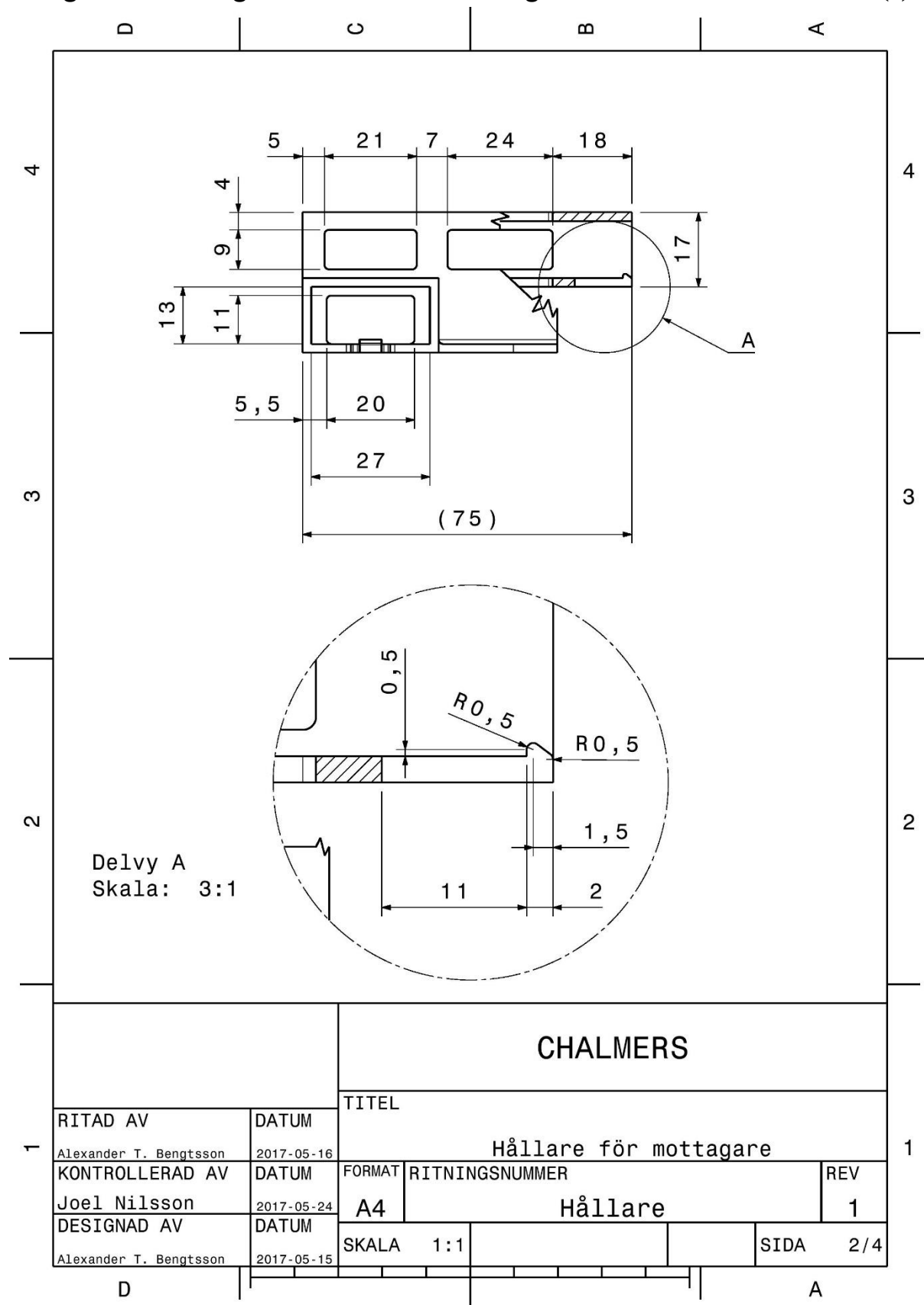


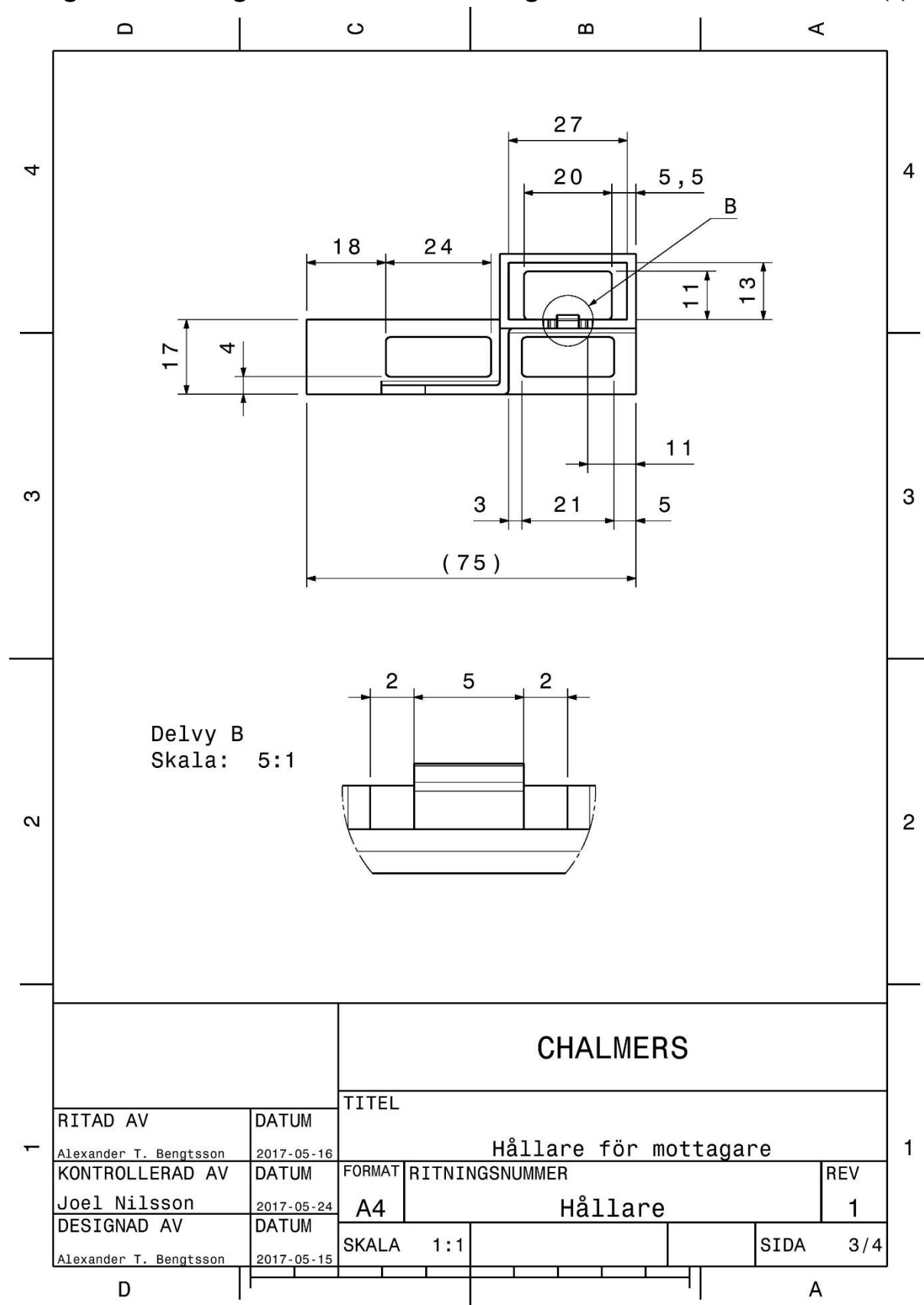


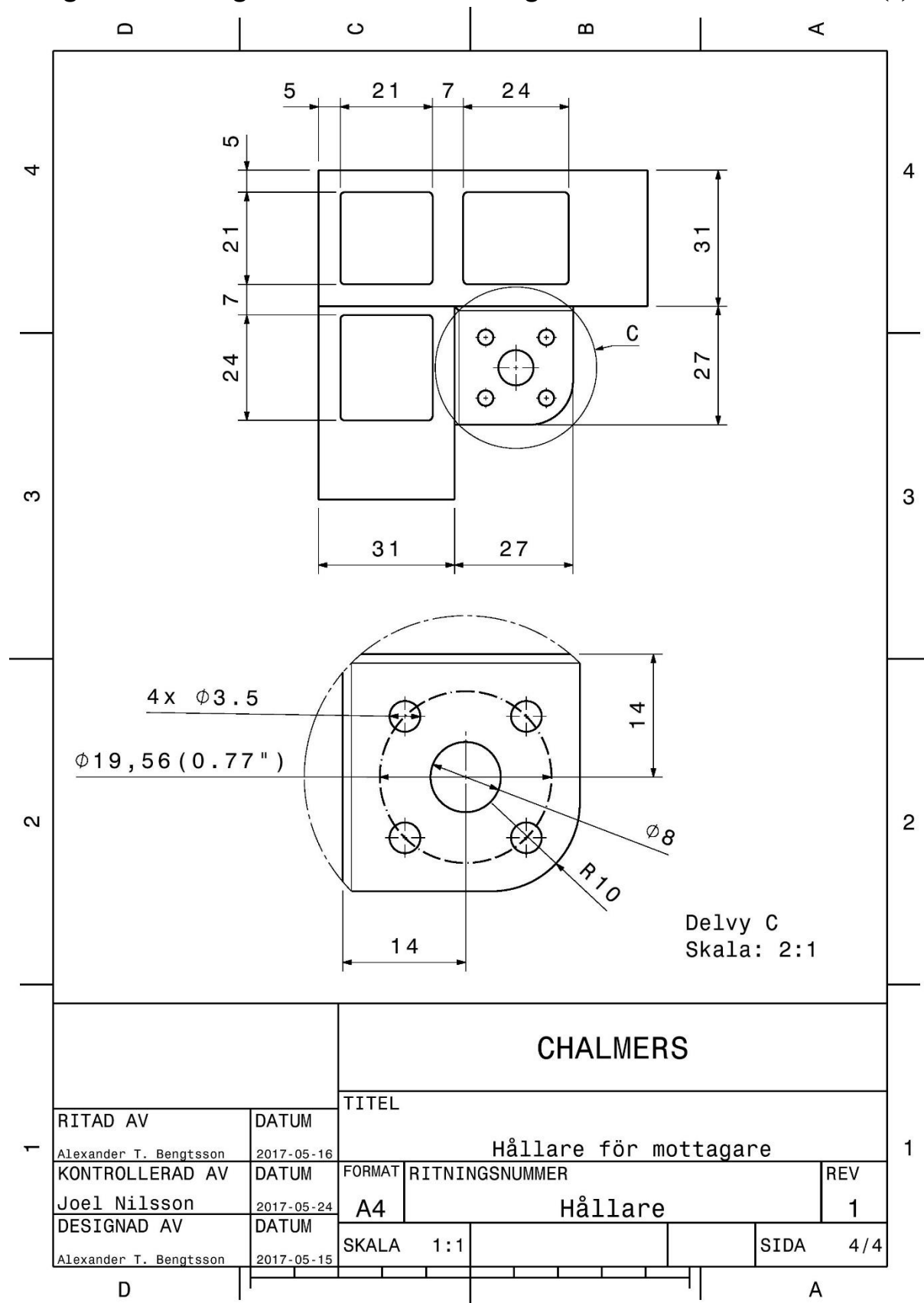
Bilaga 3 – Ritning av Hållare för mottagare

Sida 1(4)







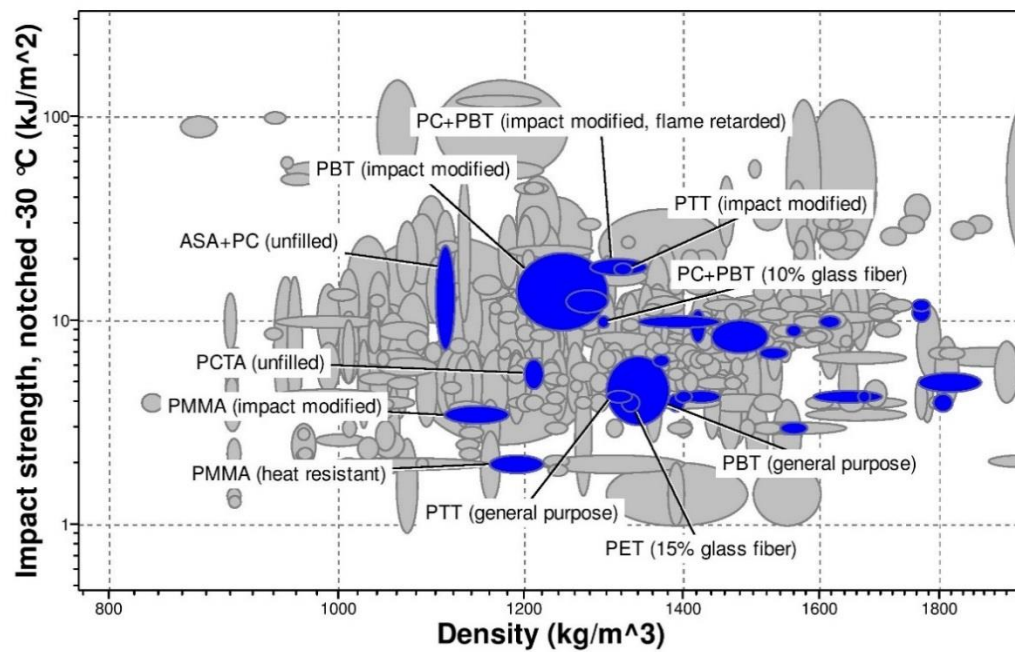


Bilaga 4 – Specifik slagseghet

Sida 1(1)

Diagram som visar materialgruppernas specifika slagseghet.

CES 2016 Stage 7: Impact strength, notched -30 °C (kJ/m²) vs. Density (kg/m³)
EDUPACK



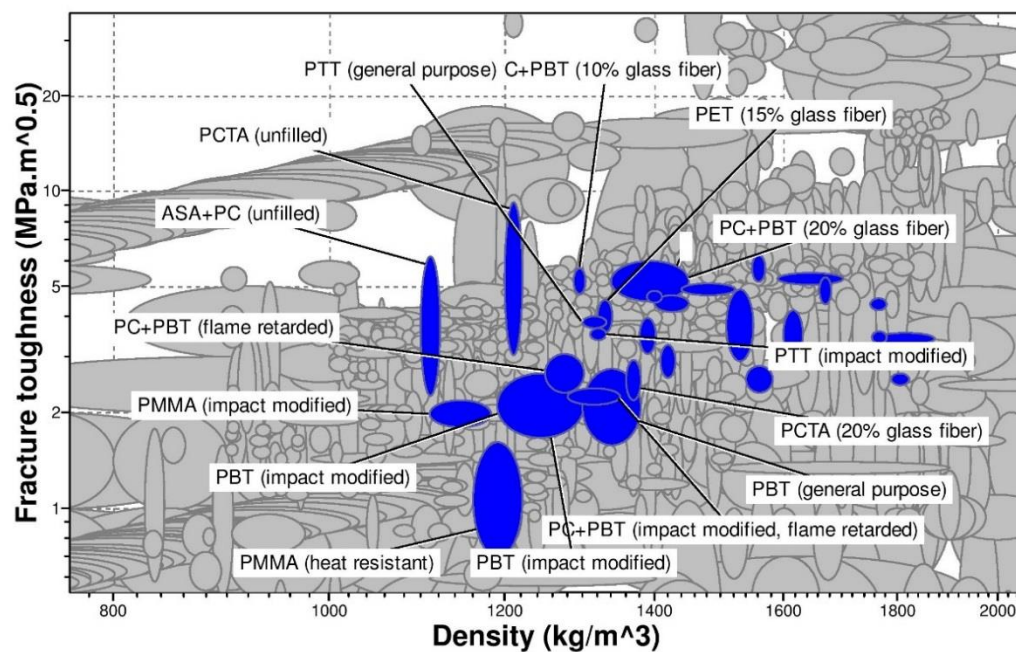
Bilaga 5 – Specifik brottseghet

Sida 1(1)

Diagram som visar materialgruppernas specifika brottseghet.

CES 2016
EDUPACK

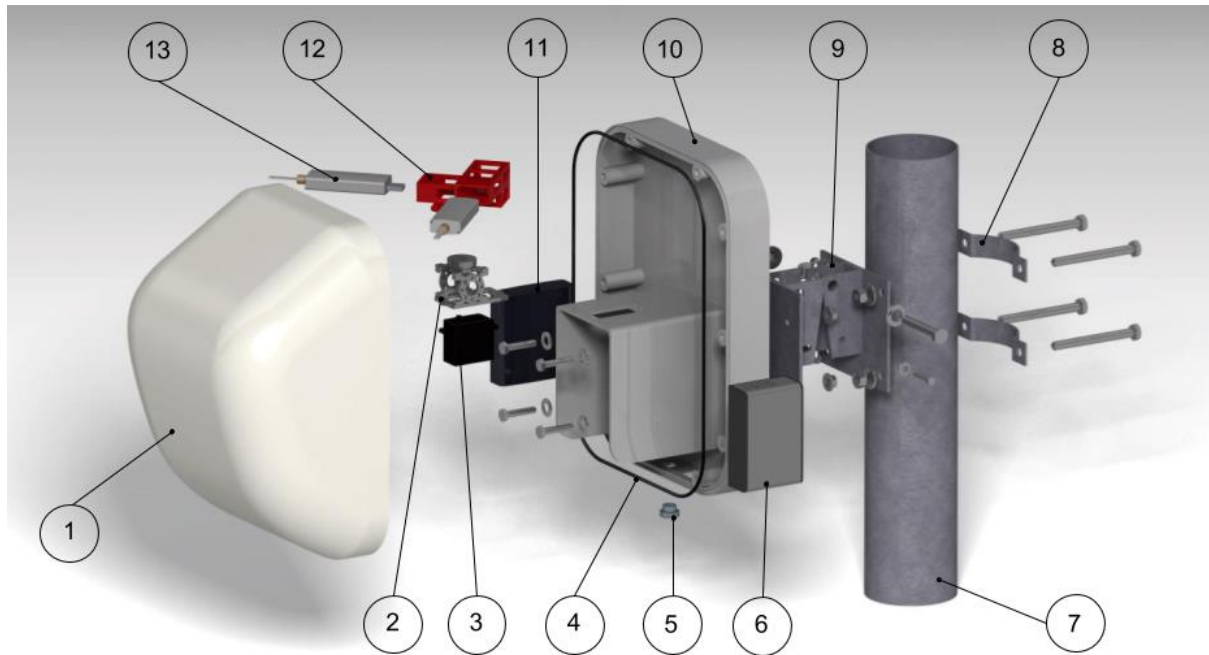
Stage 7: Fracture toughness ($\text{MPa}\cdot\text{m}^{0.5}$) vs. Density (kg/m^3)



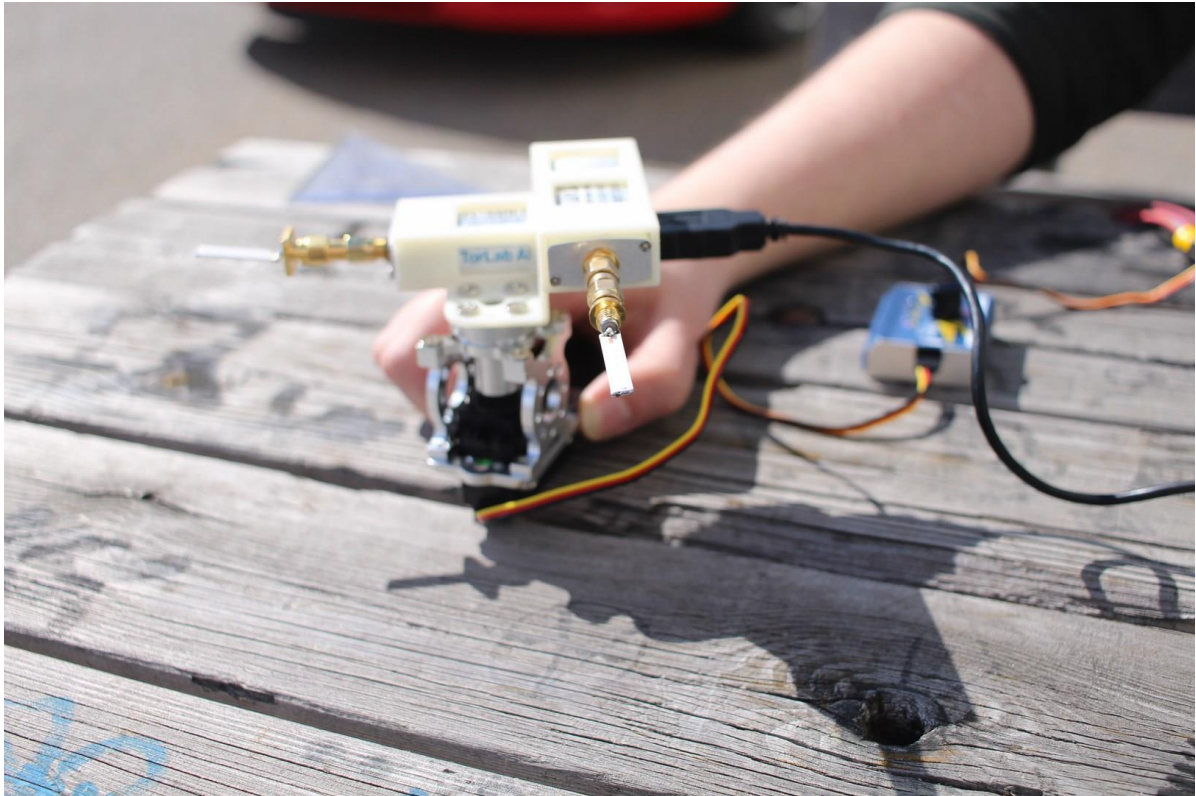
Bilaga 6 – Sprängd vy

Sida 1(1)

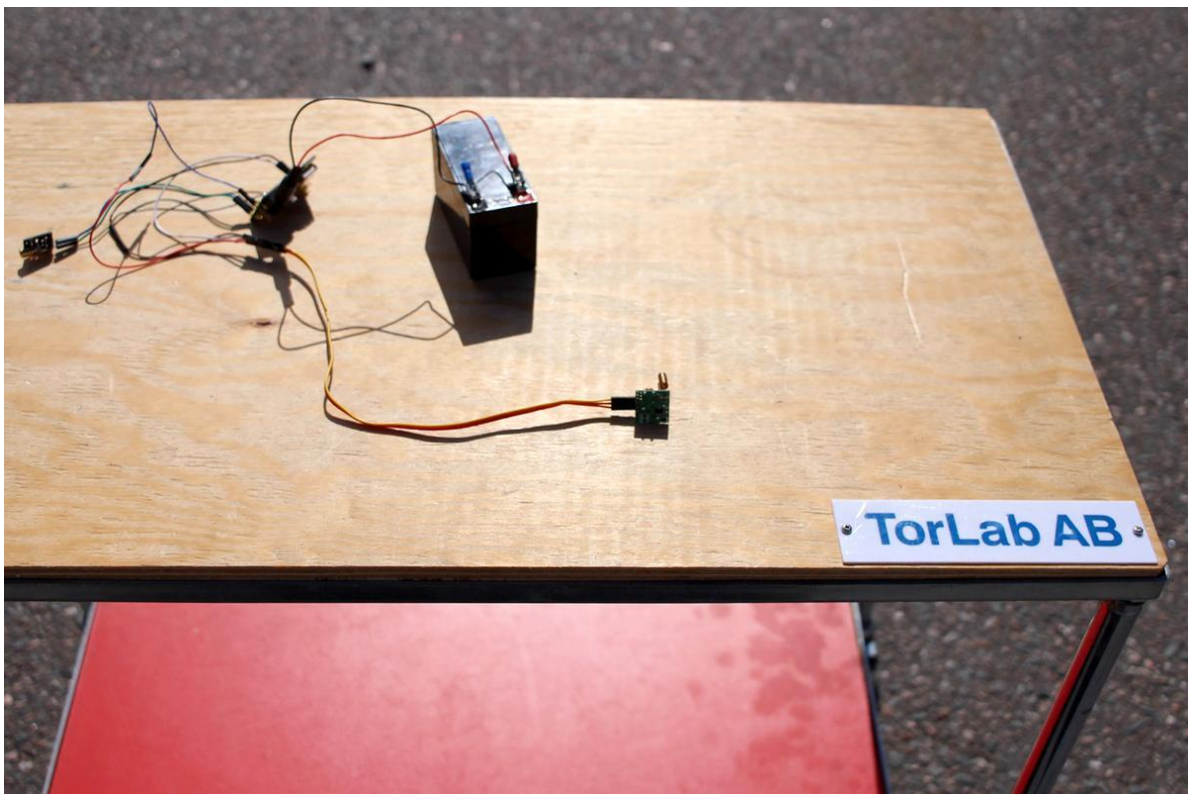
Sprängd vy av produkten med de ingående komponenterna numrerade.



Nummer	Namn
1	Kåpa
2	Servoblock
3	Servomotor
4	Tätning
5	Ventil
6	Dator
7	Stolpe
8	Tillägg för fästet vid rörmontage
9	Fäste
10	Plattform
11	Batteri
12	Hållare för mottagare
13	Mottagare



Mottagarenheten monterad med servo. OBS servoblocket av en annan modell. Fotograf: Tor Anderson



Sändaren som användes vid verifiering (10mW 433 MHz). Fotograf: Tor Anderson



*Sändarens placering. I bakgrunden från vänster, Joel Nilsson, Alexander T. Bengtsson.
Fotograf: Tor Anderson*